NILES ELDREDGE

Darwin

EL DESCUBRIMIENTO DEL ÁRBOL DE LA VIDA

conocimiento



Darwin

Del mismo autor

La vida en la cuerda floja: la humanidad y la crisis de la biodiversidad, Barcelona, 2001
Síntesis inacabada: jerarquías biológicas y pensamiento evolutivo moderno, Madrid, 1997

Why we do it. Rethinking sex and the selfish gene, Nueva York, 2004
Life on earth. An encyclopaedia of biodiversity, ecology and evolution, Santa Bárbara, CA, 2002
The triumph of evolution and the failure of creationism, Nueva York, 2000
Reinventing Darwin. The great debate at the high table of evolutionary theory, Nueva York, 1995

Niles Eldredge

Darwin

El descubrimiento
del árbol de la vida

Traducido por Julieta Barba y Silvia Jawerbaum



Primera edición, 2009

Charlone 216
1425-Buenos Aires
Fernán González 59, Bajo A
28009 Madrid
www.katzeditores.com

Título de la edición original:
Darwin. Discovering the tree of life

ISBN Argentina: 978-987-1283-91-0
ISBN España: 978-84-96859-51-7

1. Darwinismo. 2. Teoría de la Evolución. I. Barba, Julieta, trad. II. Jawerbaum, Silvia, trad. III. Título
CDD 576.82

Diseño de colección: tholön kunst

Impreso en España por Romanyà Valls S.A.
08786 Capellades
Depósito legal: 3-52.307-2008

Índice

A Stephen Jay Gould (1941-2002),
quien también admiraba a Charles Darwin

Introducción

En 2009 coinciden el bicentenario del nacimiento de Darwin y el 150º aniversario de la publicación de *El origen de las especies*, libro que ha marcado un hito en la historia de la biología. Durante el año se realizarán diversas actividades a ambos lados del Atlántico para rendir homenaje al genio creativo que sentó las bases de la biología evolutiva moderna.

La primera de esas actividades es el montaje de una exposición y la publicación simultánea de un libro sobre la vida y la obra de Darwin. Soy el curador y el responsable del contenido científico de la exposición, que echa una mirada al desarrollo de la biología evolutiva contemporánea. En este libro, que acompaña los contenidos de la exposición, he volcado mis pensamientos acerca de la vida y la obra de Darwin.

Libros y exposiciones son medios de expresión completamente diferentes. Las exposiciones contienen objetos en tres dimensiones –especímenes, artefactos– que sirven para transmitir un mensaje en el que las explicaciones por escrito son sumamente breves. Los libros, en cambio, proporcionan análisis y explicaciones completas y detalladas. Con las ilustraciones de este libro he intentado reflejar los contenidos de la exposición y con las palabras he pretendido exponer las ideas centrales de Darwin, que son, en definitiva, lo que los dos proyectos tienen en común. No obstante, mientras que la exposición es un producto institucional, soy el único responsable de los contenidos de este libro.

En esas ideas centrales que he mencionado está implícito el proceso de pensamiento de su autor, su creatividad, y la evidencia

que convenció al joven naturalista de menos de 30 años de que todos los organismos descienden de un único antepasado común que vivió en tiempos geológicos remotos, es decir, lo que lo convenció de la existencia de la evolución. El joven Darwin era muy intuitivo y se acercó a la naturaleza de un modo casi impresionista. Darwin se definía como un inductivista baconiano, y en este libro veremos que tenía razón en verse a sí mismo como tal, con lo cual llegaremos a una conclusión distinta de la de los científicos y los historiadores que piensan que Darwin *no era* el inductivista que él mismo decía ser.

También es cierto que, como él mismo no dejó de reconocer, Darwin era muy analítico y fue uno de los primeros científicos en adoptar el método hipotético-deductivo. La principal conclusión a la que he llegado después de varios años de estudiar la vida y la obra de Darwin para la organización de la exposición y la escritura de este libro es que cuando regresó a Inglaterra tras el viaje de cinco años a bordo del *Beagle*, Darwin ya estaba convencido de la existencia de la evolución, gracias al descubrimiento de determinadas características que presentaban fósiles y especies actuales de América del Sur y a la observación de distintas especies de las islas Galápagos. Más tarde, Darwin hizo una reformulación de esas características y las transformó en predicciones. Al mismo tiempo, comenzó a indagar en la bibliografía y a mantener correspondencia con estudiosos de distintas partes del mundo con el fin de poner a prueba esas predicciones y otras tres que ideó cuando vivía en Londres, a fines de la década de 1830. Después del descubrimiento del proceso de selección natural, el último paso consistió en derivar las características/claves/predicciones de ésta.

La producción fundamental de Darwin fue concebida en unos pocos años, principalmente entre 1837 y 1842, aunque *El origen de las especies* vio la luz diecisiete años después. La "evolución de la evolución de Darwin" se ha conservado en una serie de cuadernos y manuscritos que no se publicaron durante la vida de su autor. Esos documentos son un camino extraordinario para acercarse a la esencia de su proceso creativo, pues nos muestran que la creatividad en ciencia es muy similar a la que se requiere en todas las demás facetas de la experiencia humana. También revelan, si se los compara

con *El origen de las especies*, que Darwin descartó algunas de las características que lo habían llevado a concluir que la evolución era un hecho y que las dejó de lado porque le parecieron incompatibles con su concepción del principio de selección natural. Darwin nos ha dado la base para el desarrollo de la teoría evolutiva moderna. Sin embargo, al minimizar la importancia de algunas de sus primeras observaciones (por ejemplo, el aislamiento y el modo de reemplazo de especies en el registro fósil), Darwin bloqueó de alguna manera el avance de la biología evolutiva mediante una influencia que, en algunos círculos, aún sigue vigente.

El análisis de los cuadernos y de los manuscritos inéditos de Darwin es el alma de este libro y echa luz, según creo, sobre ciertos logros a los que antes nadie se había aproximado, al menos con tanto nivel de detalle. Si bien la exposición que este libro acompaña contiene esas "joyas de la corona", no hay manera de apreciarlas en el contexto de una exposición como se las aprecia por escrito. Ése es uno de los motivos por los cuales tanto las exposiciones como los libros son imprescindibles, y, en este caso en particular, los dos se complementan a la perfección.

La exposición y el libro adquieren mayor importancia simplemente porque la idea de la evolución sigue siendo objeto de debate. Aún hoy se sigue escuchando que la evolución es "sólo una teoría". Aparecen enunciados que siguen esa línea a modo de carteles de advertencia en libros de texto utilizados en la escuela secundaria. Es necesario resistir los embates de algo que se parece mucho a la ignorancia deliberada. Debemos enseñarles a los niños qué es la ciencia y cuáles son sus métodos. Tenemos que decir que *todas* las grandes conclusiones de la ciencia son teorías: la mecánica cuántica, la gravitación, la tectónica de placas, la relatividad especial, la naturaleza de la luz, etc., etc. Las teorías son conjuntos complejos de ideas acerca de la naturaleza y del funcionamiento de los fenómenos naturales. Las teorías se ponen a prueba infinidad de veces y son aceptadas por la ciencia, con la condición de que en cualquier momento puede surgir una formulación alternativa que se ajuste un poco mejor a las observaciones.

Y respecto de la evolución, digamos que la evidencia de que la vida ha evolucionado es tan abrumadora que ningún biólogo serio

posterior a Darwin la ha puesto en duda. La evolución está tan consolidada como la idea de que la Tierra es un esferoide que gira sobre su eje y se traslada alrededor del Sol. No obstante, la relación entre los objetos del sistema solar también es una teoría, y nadie osaría decir que es "sólo una teoría".

Entonces, el propósito fundamental del libro y de la exposición a la que acompaña es mostrar la evidencia y el modo de pensar que llevaron a Charles Darwin a concluir que la vida ha evolucionado.

AGRADECIMIENTOS

La exposición reúne una colección inédita de objetos relacionados con la vida y la obra de Darwin. Se pueden observar en ella manuscritos, especímenes y efectos personales, algunos de los cuales no habían vuelto a estar juntos desde que Darwin estuvo a bordo del *Beagle*, en la década de 1830. La exposición se inauguró en el Museo de Ciencias Naturales de Nueva York en noviembre de 2005 y se ha programado su gira por salas de Boston, Chicago y Toronto antes de su desembarco en el Museo de Ciencias Naturales de Londres, en 2009, específicamente el día del cumpleaños de Darwin, el 12 de febrero. Estoy muy orgulloso de que la idea de la exposición haya nacido en la institución en la que he desarrollado toda mi carrera profesional: el Museo de Ciencias Naturales de Nueva York. Deseo manifestar aquí mi gratitud a la directora del museo, Ellen V. Futter, y a su rector, Michael Novacek, por asignarme la responsabilidad de ocuparme de los contenidos de la exposición.

Ninguna institución estadounidense podría haber montado una exposición de la envergadura de la que nos ocupa sin el apoyo incondicional de personas e instituciones de Gran Bretaña. Agradezco profundamente a Randal Keynes, tataranieto de Darwin, cofundador de la Fundación Darwin y autor de ensayos sobre su tatarabuelo. Randal ha sido fundamental para que nuestro equipo de trabajo se contactara con las instituciones públicas y privadas que albergan colecciones de manuscritos, especímenes y otros objetos de Darwin.

Randal también ha colaborado con sobrada imaginación y gran entusiasmo en la preparación de la muestra. En lo personal, me hizo conocer aspectos de la vida y del trabajo científico de Darwin, y además leyó mi manuscrito. Me alentó y me dio la confianza necesaria para afrontar la enorme tarea que suponía ocuparme de Charles Robert Darwin.

Por medio de Randal, el equipo que se encargó de la exposición y yo hemos conocido a otros miembros de la familia Keynes que han sido sumamente generosos brindándonos su tiempo y su asesoramiento, y permitiéndonos utilizar objetos de Darwin que la familia ha conservado, así que doy las gracias a Richard, Stephen y Simon Keynes.

Agradezco asimismo al personal de English Heritage, en especial a Julius Bryant y a Tori Reeve, el curador de Down House, en Kent, donde Darwin pasó los últimos cuarenta años de su vida. También quisiera mostrar mi gratitud al personal de los departamentos de Paleontología, Zoología y Botánica del Museo de Ciencias Naturales de Londres, una excelente institución, y muy especialmente a Gordon Rankmore, Christopher Mills y Sandra Knapp.

La Universidad de Cambridge, donde se encuentran gran parte de las cartas, los primeros manuscritos inéditos y muchos especímenes animales, vegetales y minerales recogidos por Darwin durante su épico viaje en el *Beagle* ha sido fundamental para el éxito de nuestro emprendimiento. Vaya mi reconocimiento a Adam Perkins y Patrick Zutshi (Biblioteca de la Universidad de Cambridge), a Adrian Friday y Michael Akam (Departamento de Zoología), y a John Parker y Gina Murrell (Departamento de Botánica).

Para aproximarse al mundo de los estudios darwinianos es preciso andar con mucho cuidado. Después de todo, la “industria de Darwin” está consolidada desde hace largo tiempo y en ella trabajan expertos de gran prestigio. Además de Randal Keynes, dos historiadores merecen mi gratitud por sus comentarios reveladores: Pietro Corsi y James Moore. Y también deseo agradecer a David Kohn, botánico y experto en Darwin, por sus valiosos aportes para el montaje de la exposición y, más aun, por sus comentarios acerca del pensamiento de Darwin durante los días del *Beagle* y, sobre todo, después de su regreso a Londres. Fue David Kohn quien se

ocupó de la transcripción y las anotaciones de los Cuadernos de la Transmutación, es decir, el trabajo que permitió la elaboración de este ensayo.

Mis colegas y amigos William Miller III, Harold B. Rollins y John Thompson me honraron con la lectura de mi manuscrito e hicieron invalorables sugerencias.

El Departamento de Exposiciones del museo bajo la dirección de David Harvey es excelente. El equipo que ha trabajado en la muestra de Darwin estuvo integrado por Geralyn Abinader, Harry Borelli, Dempsey Collins, Sarah Galloway, Ellen Giusti, JoAnn Gutin, Lauri Halderman, Tim Nissen, Melissa Posen, Steve Quinn, Stephanie Reyer, Martin Schwabacher, Joel Sweimler, Robert Vinci, Mindy Weisberger, Julia Wilk y Sarah Wilson. Les estoy profundamente agradecido por la maravillosa experiencia en que convirtieron la preparación de la exposición. También agradezco la cooperación del personal de los museos donde recalará la exhibición después de su paso por Nueva York.

Asimismo, deseo expresar mi gratitud a mi agente, John Michel, mi editora, Angela von der Lippe, y sus asistentes, Alessandra Bastagli y Vanessa Levine-Smith, por haberme ayudado a darle a este libro su forma definitiva. Estimo el aporte realizado por Vikii Wong, quien fue responsable de la ardua investigación fotográfica, pues no ha sido fácil hallar la correspondencia adecuada entre las ilustraciones del libro y los objetos de la exposición, teniendo en cuenta los tan diversos plazos de producción de dos proyectos complementarios pero distintos.

Mis amigos y colegas del Museo de Nueva York Sid Horenstein e Ian Tattersall me han dado aliento y oportunos consejos, como siempre, a lo largo de la gestación del libro y de la exposición. Es mi deseo que podamos seguir trabajando juntos durante mucho tiempo.

Por último, agradezco a mi mejor amiga y compañera de la vida, Michelle J. Eldredge, mi esposa, que asumió la tarea de investigadora en los momentos en que me sentí más perdido. Sentados en bares de Nueva York, Londres y París, estudiamos la vida y la obra de Darwin y analizamos su importancia en el presente. Michelle leyó mucho y dio con las respuestas a varios de los interrogantes que nos asediaban. Su trabajo, en especial el que hizo en Cambridge, durante

el viaje que realizó junto con David Harvey y Randal Keynes a Down House, y en el Museo de Ciencias Naturales de Londres, a comienzos de 2004, es de un valor inconmensurable. Le agradezco, la quiero y espero que emprendamos juntos muchas aventuras más.

1
Charles Darwin

Charles Robert Darwin nació el 12 de febrero de 1809, el mismo día que Abraham Lincoln. Los dos dejaron sus huellas en el mundo. Los dos detestaban la esclavitud, y cada uno de ellos tiene su imagen impresa en los billetes de baja denominación –por ende, los más comunes– de su país natal. Lincoln está en el billete de cinco dólares y Darwin aparece en el de diez libras desde el año 2000, cuando su imagen reemplazó a la de otra figura destacada de la época victoriana: Charles Dickens.

Las filas de personajes prominentes del siglo XIX que permanecen en el imaginario colectivo del siglo XXI están perdiendo integrantes a gran velocidad. Darwin reemplazó a Dickens en el billete de diez libras, según dicen, porque su barba era más bonita. Pero la verdad es que Darwin, como Lincoln, sigue teniendo importancia para la vida del siglo XXI, mientras que Dickens la ha perdido. Las figuras de Karl Marx y de Sigmund Freud también se han ido desvaneciendo, un hecho sorprendente dada la controversia que han generado bien entrada la segunda mitad del siglo XX. Es que con la desaparición de la Cortina de Hierro y la llegada del Prozac, la sociedad en su conjunto parece haber metabolizado a esos dos gigantes a tal punto que la mención de sus nombres ya no despierta la pasión de antaño. De hecho, sus nombres no resuenan tanto como antes.

Lincoln es la imagen del salvador de la Unión, es el símbolo –en los Estados Unidos y en el mundo– del sentimiento profundamente humanitario que aún dista de ser una realidad absoluta en la política moderna. Es un icono de la esperanza y la justicia social que, si

bien no han llegado a concretarse todavía, afortunadamente tampoco han caído en el olvido.

Lo mismo ocurre con Charles Darwin. En una encuesta realizada recientemente en Gran Bretaña, en la que el público de la BBC votó por los diez personajes británicos más destacados de todos los tiempos, Darwin quedó en cuarto lugar, detrás de Winston Churchill, el ingeniero ferroviario originario de Bristol Isambard Kingdom Brunel y la princesa Diana. La razón por la cual Darwin ocupa un lugar más alto en la lista que William Shakespeare, Isaac Newton, Isabel I y la reina Victoria –por citar sólo algunos ejemplos– debe ser que Darwin, como Lincoln, no ha sido absorbido por completo por el tejido de la cultura colectiva occidental dominante. Al igual que Lincoln, Darwin es el símbolo de una cosmovisión –acerca de qué es la vida y cómo ha llegado a ser así, y, lo que es más importante, acerca de qué somos los seres humanos y cómo hemos llegado a ser lo que somos– que, para algunos, es una promesa que aún no se ha cumplido y, para otros, una amenaza diabólica contra todo lo que es bueno y sagrado.

Darwin transformó la idea dominante de estabilidad –idea que abarcaba la Tierra, todas las especies que viven en ella e incluso las clases sociales– en una sucesión de imágenes en movimiento.

Pasaje del Cuaderno E de Darwin, de 1838-1839, donde el autor se muestra exultante por la publicación de la carta de John Herschel a sir Charles Lyell. En esa carta, Herschel se pregunta cuándo surgirá un naturalista que resuelva el "misterio de los misterios": cómo unas especies sustituyen a otras similares extinguidas, según indican los registros fósiles. "Herschel denomina a la aparición de nuevas especies 'el misterio de los misterios', & dedica un largo párrafo al problema. ¡Bravo!" La página de la izquierda contiene un breve y preciso resumen de la teoría de la selección natural: variación hereditaria e incremento geométrico de la población.

Con el paso del tiempo, las leyes de la transformación biológica afectarán inexorablemente a la vida en la Tierra. Las viejas especies desaparecerán y serán reemplazadas por otras. John Herschel, probablemente la luminaria científica más brillante de la Inglaterra de la década de 1830, se preguntaba cuándo surgiría un naturalista capaz de dar una respuesta plausible a lo que él denominaba "el misterio de los misterios", es decir, por qué las especies se extinguen y son reemplazadas por otras en las sucesivas eras geológicas. Según la tradición, toda especie nueva sólo podía ser producto de la creación divina.

Darwin fue ese naturalista, ese "Newton que explicaría el nacimiento de una brizna de hierba", según palabras de Kant. Como

veremos más adelante, algunos naturalistas anteriores a Darwin ya habían sugerido que la Tierra era mucho más antigua que los diez mil años que parecía indicar el relato bíblico y que, si transcurre el tiempo necesario, procesos como la erosión y el depósito de sedimentos, los terremotos o el flujo de lava, fenómenos que tienen lugar todo el tiempo en la superficie terrestre, podrían transformarla de manera tan drástica como afirmó Darwin más tarde refiriéndose a los seres vivos. En esa época aparecían los instrumentos necesarios para leer las páginas de la historia de la Tierra a partir de los afloramientos rocosos.

Darwin tuvo también sus propios antepasados evolucionistas. Su abuelo Erasmus Darwin se atrevió a aseverar que todas las formas de vida estaban vinculadas por un proceso de descendencia. Aunque no se apartaron de las ideas creacionistas, los antecesores de Darwin comenzaron a delinear un modelo de lo que ellos denominaban, en un tono algo ambiguo, "afinidad" entre la enorme cantidad de especies vivientes.

Podemos afirmar, entonces, que Darwin no fue el primero en formular el concepto de evolución. No había abandonado el creacionismo cuando se embarcó en el *Beagle* y emprendió el viaje de cinco años que lo llevó a recorrer el mundo, una expedición que consideraba el acontecimiento más importante de su vida. Como veremos, cuando regresó, en 1836, ya era un evolucionista convencido.

Darwin pasó varios años meditando sobre la evolución, y hacia 1838 dio con la explicación del mecanismo central del proceso: la selección natural. No obstante, no mencionó en público su teoría sino hasta 1844. Tampoco escribió una sola palabra (si bien dio a entender algunos conceptos) hasta que, en junio de 1858, le llegó inesperadamente una carta con un manuscrito de Alfred Russel Wallace en el que el autor describía algo tan parecido a lo que Darwin había albergado durante tanto tiempo en su mente como teoría suya que a éste se le cayó el alma a los pies.

¿Por qué motivo Darwin esperó veinte años para publicar su teoría a pesar de su deseo de ser reconocido como hombre de ciencia? (Algo que, de todos modos, había conseguido gracias a sus observaciones geológicas.) Él sabía que sus ideas eran revolucionarias y que transformarían la forma de ver la vida sobre la Tierra.

Sus dudas estaban relacionadas con la noción predominante de que todo era inmutable, que, por lo demás, formaba parte del marco en el que él se había educado. Los hombres de ciencia de principios del siglo XIX comulgaban con esa idea, así que Darwin sabía que para hacer las cosas bien, tenía que proporcionar evidencias contundentes y ofrecer una explicación convincente de cómo ocurre la evolución. Pero eso no era todo: Darwin debía sentir que su mente alojaba el equivalente victoriano de los planos de la bomba atómica, tan seguro estaba de la oposición a la que se enfrentaría con su teoría.

Pero él era un hombre independiente, con sus propios recursos, proveniente de una familia acomodada: ¿por qué debía preocuparse por lo que pensara la sociedad británica? La clave del dilema de Darwin radica en el hecho de que la mayor parte de la sociedad adhería a la idea bíblica del origen del mundo y de la vida, y a la idea de que todas las cosas habían permanecido estables desde su creación, conceptos que sostenía en especial la Iglesia Anglicana. La concepción bíblica del mundo no era exclusiva de una clase o de un grupo determinado y también estaba profundamente arraigada–y esto era algo decisivo– en el ámbito académico. Todos o casi todos eran creacionistas. Cuando Darwin hizo su ingreso al mundo de la ciencia, no había muchos científicos profesionales, pero a mediados del siglo XIX ya se había formado una clase de hombres de ciencia con ese carácter. Fue en ellos en quienes, con el tiempo, Darwin encontró apoyo. A partir de 1859, los que ingresaban al mundo científico como profesionales se encontraban con una ciencia cuya escuela de pensamiento ya había sido transformada como consecuencia de una verdadera revolución.

Pero entre las décadas de 1820 y 1850, los mentores y los colegas más veteranos de Darwin eran miembros de la élite rica o de la clase clerical, y todos eran religiosos y todos adherían al statu quo. Y, antes que nada, ese statu quo quería decir estabilidad social. La clase alta disfrutaba los beneficios de una forma vestigial de "derecho divino": sus miembros merecían pertenecer a la élite simplemente porque sí, porque ésa era la voluntad de Dios. Qué ironía que una parodia de la idea de la selección natural de Darwin fuese utilizada más tarde como justificación de la existencia de la élite: la

crema sube a la superficie y las personas con dinero y poder que ocupan el estrato social más encumbrado están allí porque lo merecen, porque se lo han ganado, porque han sobrevivido en el mundo competitivo del "darwinismo social" donde el pez grande se come al chico.

La postura de Darwin, por tanto, no se oponía únicamente a las tendencias dominantes en ciencia, puesto que la ciencia, haciéndose eco de la visión que surge del sentido común de que el mundo y sus habitantes son invariables, estaba en sintonía con la postura religiosa y, entonces, atacar a la una implicaba atacar a la otra. La visión "científica" era, de hecho, un reflejo de la visión religiosa: el auge del racionalismo –representado en ciencia por la física newtoniana y el progreso de la química– aún no había alcanzado al reino de la biología. La doctrina religiosa dominaba el pensamiento biológico.

Como se aprecia en sus primeros apuntes personales sobre la evolución, según él, ése era precisamente el problema. Darwin supo desde el principio que la única versión admitida en ciencia era la del relato bíblico, así que se trataba de una "ciencia" teñida de creacionismo. Entre los principios de esa ciencia estaba la creencia de que la Tierra tenía sólo diez mil años de edad, aunque algunos de los científicos que precedieron a Darwin –por ejemplo, su mentor en Cambridge, el clérigo Adam Sedgwick– ya habían advertido que esa datación era muy improbable. Las especies vivientes pueden extinguirse por causas naturales, pero las especies nuevas que ocupan su lugar son producto de la creación, de la intervención divina. Tal era la línea de pensamiento dominante durante la época de juventud de Darwin, una visión "científica" tan ligada a la doctrina religiosa que era difícil distinguir dónde terminaba una y dónde comenzaba la otra. No transcurrió mucho tiempo hasta que Darwin –en el mayor de los secretos– aplicó sus ideas evolucionistas a nuestra propia especie: el *Homo sapiens*.

Darwin arrancó de raíz el mundo científico del mundo religioso, al menos en lo que respecta al "misterio de los misterios". Logró convencer al mundo científico –más aun, al mundo intelectual en su conjunto– de que la vida había evolucionado por causas naturales. Como fue tan cuidadoso en la elaboración de su teoría evolutiva, que incluía la evolución del ser humano, Darwin no se limitó a se-

cularizar el mundo occidental como nadie lo había hecho jamás, sino que anticipó el escándalo que sobrevendría. Por eso no se sorprendió cuando se hicieron oír las voces de los que se oponían a sus ideas, y hoy no se sorprendería –aunque se desilusionaría– al comprobar que en muchos sectores del mundo judeocristiano esas voces siguen alzándose.

Por eso el rostro de Darwin aparece en el billete de diez libras. Aunque el creacionismo no se hace oír con tanta fuerza en la Gran Bretaña moderna como en las ex colonias (Estados Unidos, por ejemplo), la tierra natal del gran naturalista aún acoge a muchos que no aceptan la idea de la evolución por su carácter en apariencia antirreligioso. El hecho de que la evolución sea una teoría que cuestiona la concepción de la historia de la Tierra y sus especies originaria de Oriente Medio y no el núcleo de la creencia religiosa no tiene mayor importancia. En cambio, sí tiene importancia que la idea de la evolución pone en duda los conocimientos heredados acerca de cómo llegamos aquí y, por ende, sobre quiénes somos y qué somos.

El alcance de Darwin llega a toda la sociedad. Hace poco tiempo, vi su nombre escrito dos veces en el mismo número de *The New York Times*, donde se lo usa para referirse a la competencia feroz del mundo de los negocios y como sinónimo de evolución en un artículo que describe la lucha de los creacionistas en los estados del centro de los Estados Unidos. "Darwin" o "darwinismo" se utilizan como equivalentes de "evolución", no tanto en el ámbito de la biología sino en la sociedad norteamericana en general. Un buen ejemplo es la famosa "batalla de los peces" de los Estados Unidos, que se libró en calcomanías que los conductores pegaban en sus autos y en imanes que las amas de casa adherían en las heladeras. Todo empezó con el símbolo cristiano del pez. Luego alguien quiso reforzar la idea y escribió el nombre de Jesús en el cuerpo del pez. Más tarde, a un provocador se le ocurrió sustituir "Jesús" por "Darwin", en una serie de hechos que reflejan la dicotomía social que persiste aún en nuestros días. El paso siguiente fue que alguien le dibujó patas al pez, con lo que el dibujo pasó a evocar las tantas ilustraciones de la evolución desde el pez hasta el hombre que forman parte de la iconografía popular darwiniana.

Pero mi calcomanía preferida de esa batalla no tenía la imagen de ningún pez sino una tumba con una lápida y la inscripción “R.I.P. Charles Darwin” y una alusión a que ahora él sabía cuál era la verdad. Durante años se oyó el rumor de que Darwin se retractó de su teoría de la evolución en su lecho de muerte (Darwin murió a causa de una afección cardíaca en 1882, a los 73 años). Sin embargo, no existen pruebas de esa renuncia intelectual, y abundan las razones para creer, como afirman los historiadores, que Darwin se había vuelto agnóstico (si no ateo) muchos años antes de morir. Durante mucho tiempo él fue creyente, pero se piensa que en 1851 la muerte de su hija Annie, de 10 años de edad, le hizo perder la fe. La muerte de Annie también parece haberlo decidido finalmente a publicar su teoría. Aunque su discurso siempre estuvo alineado con el agnosticismo (un término acuñado por T. H. Huxley, un ferviente defensor de la teoría darwiniana), Darwin se había alejado por completo de la práctica religiosa mucho antes de su muerte.

Así las cosas, los ecos de la batalla campal siguen resonando. Numerosas encuestas realizadas en los Estados Unidos muestran la misma división respecto del darwinismo que la que existe entre republicanos “compasivos” y demócratas “liberales”. Hay incluso una fuerte correlación entre ambas posturas, puesto que la derecha cristiana constituye la base del Partido Republicano. Pero también dentro del mundo académico: un cuarenta por ciento de los científicos se proclaman religiosos, el mismo porcentaje que existía en el año 1916. Y muchos protestantes, católicos y judíos no se han topado con obstáculos que les impidieran reconciliar su fe con la ciencia moderna, incluidas la genética y la biología evolutiva. En su época, Darwin ya consideraba que no *necesariamente* la religión y la ciencia debían estar en conflicto. Sólo la obsesión con la historia bíblica tomada al pie de la letra –la creencia de que todo lo que dice la Biblia es verdadero, incluso los relatos contradictorios del Génesis sobre el origen de la Tierra, de la vida y del hombre– lleva a un enfrentamiento entre la biología y la religión judeocristiana.

Así pues, el creacionismo no ha desaparecido. La única diferencia entre la versión actual y la de la primera mitad del siglo XIX es que ha sido eliminado del mundo científico. En el último capítulo volveremos a ocuparnos de este tema.

A Darwin –¡pobre Darwin!– se lo menciona en otros escenarios del pensamiento social y la práctica política. Así como se comenta que Marx exclamó "*Moi, je ne suis pas marxiste*", Darwin seguramente también renegaría de algunos movimientos que invocan su nombre. La teoría conocida como darwinismo social, que aprueba la imagen del mundo competitivo donde el pez grande se come al chico, ha respaldado al movimiento eugenésico y a algunos de sus hijos más oscuros, como las prácticas genocidas de los nazis en la Segunda Guerra Mundial, en la cual la eugenesia fue la explicación científica que acompañó a las "razones" que Hitler y los nazis daban para justificar el holocausto. El movimiento eugenésico tiene entre sus primeros defensores a un primo de Darwin, Francis Galton. Su idea principal radica en el mejoramiento de la raza humana por medio de la prohibición de la reproducción de las personas con defectos hereditarios. Los problemas éticos son insalvables; en primer lugar, ¿qué es un defecto? ¿El hecho de que yo no tenga premolares y sea corto de vista alcanza para que alguien me prohíba tener hijos? Si es así, la orden ha llegado tarde, lo siento. En segundo lugar, ¿quién daría las órdenes?

Darwin adivinaba en la evolución una "grandeza en la forma de ver la vida". Quería decir que se trataba de un proceso natural simple que daba origen a la infinidad de plantas y animales fabulosos y bellos que habitaban en el planeta. Sí, para él la naturaleza era competitiva y a veces cruel. Pero Darwin tenía una apreciación estética muy fina del mundo natural. No sorprende, entonces, que haya habido filósofos, biólogos evolucionistas y teólogos amantes de la historia que intentaran usar la evolución como trampolín para construir un sistema ético que se ajustara a su propia interpretación de la naturaleza del proceso evolutivo.

Queda claro que no existe una correspondencia biunívoca entre la evolución y un único sistema ético derivado de ella. El gran genetista ruso Theodosius Dobzhansky pensaba que la evolución era en todo compatible con la doctrina básica de la fe cristiana. Otros consideran que la naturaleza es agresiva y violenta y que debemos luchar contra nuestra propensión hereditaria a competir con nuestros semejantes. El matiz que adoptan los sermones éticos que se pronuncian a partir de la evolución depende de qué aspecto del pro-

ceso evolutivo se tome como núcleo del discurso. En mi opinión, Darwin estaría apabullado por el caos de "conclusiones" éticas distintas a las que se ha llegado en su nombre.

Sin embargo, casi todos piensan que hay una diferencia ética o moral entre haber sido creados especialmente por un Dios benevolente y haber evolucionado a partir de especies primitivas junto con el resto de los seres vivos. ¿Existe esa diferencia? La diferencia es notoria en los detalles de la historia que cuenta cómo llegamos a ser lo que somos y, en ese sentido, qué somos. Pero como seres humanos, nosotros dictamos las leyes que rigen nuestra conducta, y esas leyes se construyen, en parte, según principios éticos. Las leyes podrían tomarse como normas pragmáticas que sirven para otorgar estabilidad a la vida en sociedad. Esta forma de ver las leyes, según lo entiendo, tiene mayor justificación que los códigos de conducta basados tanto en la creencia de que fuimos creados a imagen y semejanza de Dios como en la suposición de que evolucionamos por acción de procesos naturales. Y si bien no puedo asegurar que Darwin estaría de acuerdo conmigo, pienso que sería un alivio para él librarse del mote de destructor de la ética tradicional.

Una de las marcas que Darwin ha dejado en la sociedad, o al menos en quienes estudiamos sus ideas y todas sus derivaciones, es la renovación de los lazos emocionales y conceptuales de la humanidad con el resto de los seres vivos. Darwin funciona como un ancla a través de la cual la humanidad se vincula con el mundo natural, puesto que desde el surgimiento de la agricultura, los hombres se alejaron cada vez más del resto del mundo natural. Como ya no dependíamos de los frutos de la naturaleza, durante los últimos diez mil años, consideramos que estábamos fuera –y por encima– del resto de las especies. El cambio de categoría ecológica, en mi opinión, se refleja en el pasaje del "dominio" del Génesis: los primeros agricultores, incluso los que redactaron esos maravillosos textos antiguos como el Pentateuco o los primeros capítulos del Antiguo Testamento, sabían muy bien que eran animales, pero animales diferentes. Ellos creían que no formaban parte de la naturaleza como las aves, los mamíferos, los reptiles, los anfibios y los peces. Esa diferencia ecológica entre el hombre y todos los demás organismos está muy presente en su explicación de cómo surgió todo: que Dios

creó todas las cosas, pero a los humanos nos hizo a su imagen y semejanza.

No es de extrañar que los cazadores-recolectores (según la descripción antropológica de los grupos de cazadores-recolectores actuales) viesen a sus dioses como manifestaciones de un sector de los ecosistemas locales de los cuales ellos mismos formaban parte. Los hombres abandonaron sus ecosistemas locales cuando inventaron la agricultura; entonces necesitaron sentirse parte de *algo*, que bien podía ser un cosmos regido por un único Dios todopoderoso. Siguiendo esta línea de pensamiento, fuimos los hombres los que creamos a Dios a nuestra imagen y semejanza.

Sea cual fuere la veracidad de esa idea, el caso es que la agricultura fue el punto de partida para el crecimiento de la población humana mundial desde los cinco o seis millones de personas hace diez mil años hasta los más de seis mil millones de habitantes que tiene el planeta a comienzos del siglo XXI. Vivimos en ciudades, compramos alimentos en el supermercado, obtenemos agua abriendo el grifo y encendemos la luz moviendo una llave. La explosión demográfica mundial ha puesto en peligro a muchas especies (a Darwin se le destrozaría el corazón si se enterase de esto), y si bien existen numerosas razones pragmáticas para limitar la extinción de especies a gran escala, la lección que nos ha enseñado Darwin –que venimos de la naturaleza y que aún formamos parte de ella, aunque hayamos modificado la relación que nos une al mundo natural– es un punto de anclaje que proporciona estabilidad a nuestro concepto de quiénes somos y cómo incidimos en la Tierra y en todos sus habitantes.

Entre las obras de temática darwiniana que conozco, mi preferida, un mural de Diego Rivera, explica este concepto mucho mejor que yo. Hace años le encargaron al pintor mexicano la creación de un mural para el Rockefeller Center de Nueva York. El artista pintó un fresco, *El hombre en la encrucijada*, con más de ciento setenta y cinco figuras humanas, muchas de ellas, personajes históricos conocidos. En el centro del mural hay un hombre a cargo de unos controles. De él salen rayos de luz poblados de imágenes del macrocosmos y del mundo microscópico: un mundo de saber científico moderno. El hombre está rodeado de grupos en lucha: comu-

nistas y nazis, y de filosofías y religiones en conflicto. La versión original del mural incluía una imagen de Lenin, que los Rockefeller ordenaron eliminar, pues no estaban dispuestos a exhibir ese símbolo del comunismo en su edificio. Como Rivera se negó a modificar la pintura, los Rockefeller le pagaron y se deshicieron de la obra de arte.

Rivera recreó la pintura al año siguiente, en 1934, en el Palacio de Bellas Artes de la ciudad de México. En venganza, incorporó una imagen de John D. Rockefeller, hijo, con gesto adusto y bebiendo un cóctel, y las caras de varios comunistas más que las que había en la versión anterior.

Todo el mural es fascinante, pero la cara de un Charles Darwin que refleja una sabiduría infinita y una mirada triste, representada en el ángulo inferior izquierdo de la enorme pintura, es maravillosa. Darwin es la *única* persona en la pintura que mira al observador directo a los ojos. Si recorremos todo el mural y examinamos una a una las figuras humanas desde todos los ángulos posibles, descubrimos que ninguna nos dirige la mirada, salvo la de Darwin.

Darwin nos mira y, con la mano izquierda, señala un mono que tiene de la mano a un niño. Hay otros animales cerca y también una pecera llena de criaturas marinas. Un poco más al centro del mural hay una sección destacada en la que Rivera presenta los productos agrícolas típicos de México que él tanto apreciaba.

Es como si el artista le hiciera decir a Darwin que, hagamos lo que hagamos con el significado de la ciencia y la tecnología en el mundo moderno –y pensemos lo que pensemos del papel que desempeña la ciencia en el enfrentamiento entre posturas filosóficas, movimientos sociales y religiones–, hay algo que es innegable: somos parte de la Tierra y estamos relacionados con todos y cada uno de los demás seres vivos del planeta. Sabemos que eso es verdad y no deberíamos olvidarlo.

Pero increíblemente, Darwin aparece en el centro de la experiencia moderna también en el plano científico. Theodosius Dobzhansky escribió alguna vez que "nada tiene sentido en biología si no es bajo el prisma de la evolución", una frase que sigue teniendo la misma vigencia de siempre. Darwin buscó en vano un mecanismo evolutivo en los principios de la herencia tal como se conocían en

las décadas de 1830 y 1840, un conocimiento bastante errado, por cierto. Sin embargo, cuando formuló el principio de la selección natural descubrió el proceso esencial de la evolución. Nada que hayamos aprendido en los ciento setenta y cinco años siguientes –la estructura y las funciones del ADN y el ARN o los últimos avances de la genética– ha puesto en duda la noción de Darwin sobre cómo opera la selección natural. Tampoco hemos modificado nuestras ideas sobre la utilidad de la selección artificial en tanto guía para comprender la selección natural y como técnica para manipular genéticamente características hereditarias de especies domésticas y de laboratorio.

Los hombres han manipulado organismos genéticamente durante quince mil años como mínimo. Hasta no hace mucho tiempo, se desconocían los mecanismos de la genética, pero se sabía que si dejamos que se reproduzcan los organismos –plantas o animales– que presentan las características que nos interesan (vacas que dan más leche, perros menos agresivos, etc.), favorecemos la transmisión de los genes pertinentes a la generación siguiente. Todos los productos agropecuarios han evolucionado gracias a ese proceso. Ahora que disponemos de la ingeniería genética, podemos abreviar los plazos buscando cuáles son los genes y las combinaciones de genes que nos interesa seleccionar. Así y todo, éste no deja de ser un proceso de selección.

Otro ámbito en el que opera la selección es en la tarea permanente de crear medicamentos efectivos frente a agentes patógenos mutantes. El virus del sida o el plasmodio de la malaria, por ejemplo, mutan todo el tiempo y generan cepas resistentes a las drogas que se utilizan para combatirlos, con lo cual son seleccionados de inmediato como las formas sobrevivientes de la enfermedad. Esta batalla contra la resistencia de los patógenos a los medicamentos es un cuadro darwiniano *típico* que representa la lucha entre el hombre y las enfermedades mortales que lo acosan.

¿Por qué la ciencia sigue invocando el nombre de Darwin? Después de todo, la ciencia sigue su rumbo y, como veremos, hemos aprendido mucho sobre la evolución, más de lo que Darwin llegó a saber. Por otra parte, Darwin abarcó el territorio evolutivo en toda su extensión, de modo que puede decirse que no dejó ningún con-

tenido de la biología evolutiva sin definir. Es como si hubiese comprendido la importancia de todas las cuestiones de interés en esa área del conocimiento, aunque no tuviese manera de conocer los detalles que surgieron más tarde. Sin saber de genética ni del comportamiento génico, Darwin buscó los mecanismos de la evolución en los principios de la herencia, y al hacerlo, logró demostrar la importancia de la variación heredable. Para él, el proceso de desarrollo de adultos a partir de óvulos fertilizados, que es en sí un proceso de transformación, era fundamental para comprender cómo cambia la anatomía en el tiempo evolutivo, y eso sin tener idea de los fundamentos de la genética molecular del desarrollo. También advirtió la importancia del ambiente en el proceso de selección y adaptación, y comprendió cómo influye el aislamiento geográfico de poblaciones de especies que con el tiempo se convierten en especies nuevas. Y, claro está, descubrió la existencia de la selección natural (descubierta también por Alfred Russel Wallace de manera independiente), a la que aún hoy en día se considera el mecanismo evolutivo por excelencia.

Pero eso no es todo: Darwin está tan vigente como siempre porque los biólogos evolucionistas todavía no hemos caído en la cuenta del valor de su legado. Me maravillé al descubrir cuán actuales son las primeras ideas de Darwin; por ejemplo, el principio de divergencia, que los biólogos contemporáneos no han apreciado en toda su magnitud y que contiene la esencia de la idea acerca de cómo sobreviven y crecen las especies nuevas ocupando nichos distintos de los que ocupaban las especies ancestrales. Las ideas de Darwin son de una notable originalidad y al mismo tiempo reflejan un saber enciclopédico muy metódico. Darwin se ocupó de muchos más tópicos de los que normalmente se le reconocen.

Otra cuestión por la cual él tiene gran influencia en la teoría evolutiva vigente en la actualidad es que, como veremos en detalle siguiendo el camino conceptual que él mismo siguió durante la formulación de lo que llamaba "mi teoría", puso el acento en algunas líneas y procesos más que en otros. Minimizó la importancia del aislamiento geográfico. Estaba tan convencido del protagonismo de la selección natural que desestimó todo fenómeno que no encajara con su noción de la forma en que opera la selección a través del

tiempo geológico, y por eso pasó por alto algunos resultados reales del proceso evolutivo. En la actualidad, hay quienes sostienen la idea del "gen egoísta" y ven la evolución *sólo* como la selección natural que actúa sobre la variación genética presente en cada generación. Ni el aislamiento, ni la especiación, ni el papel de la extinción de las especies afecta de manera significativa a esa línea de pensamiento. Esto evoca la versión de la evolución que Darwin expuso ante el mundo cuando aceptó lo inevitable y se dispuso a escribir *El origen de las especies*.

Llama la atención que un único hombre dirija la trayectoria de la biología evolutiva tantos años después de muerto. No existe en la historia otro científico cuya influencia haya persistido tanto. ¿Quién fue ese hombre? ¿Cómo llevó a cabo lo que nadie había logrado antes y cómo lo hizo tan bien que sigue siendo la figura más destacada dentro de la versión moderna de la ciencia multifacética que él mismo inició?

CHARLES ROBERT DARWIN: UNA BREVE RESEÑA

Dada la importancia y la vigencia de la formulación de Darwin de la teoría de la evolución, era de esperar que floreciera y llegara hasta nuestros días una "industria de Darwin". De hecho, la cantidad de libros y artículos sobre la vida y la obra del naturalista inglés publicados en las últimas décadas del siglo XX y en los primeros años del siglo XXI no tiene precedentes. La colección epistolar, que en su mayoría alberga la Universidad de Cambridge, supera las quince mil piezas (véase, en la sección de bibliografía, la dirección del sitio web que ofrece información sobre esa colección). La mayoría de los primeros cuadernos y manuscritos de Darwin –como veremos en los capítulos siguientes– han sido descifrados, anotados y publicados por especialistas.

El primero de esos expertos fue el séptimo hijo de Darwin, Francis, quien en 1860 pasó mucho tiempo con su padre, que intentaba disipar la angustia que sufrió tras la publicación de *El origen de las especies*, en noviembre de 1859. Para el centenario del naci-

miento de Darwin, que coincidió con los cincuenta años de la publicación de *El origen de las especies*, Francis publicó dos trabajos inéditos de su padre: *Sketch*, de 1842, y su ampliación, *Essay*, escrito dos años después. En 1963, Nora Barlow, nieta de Darwin, publicó algunos cuadernos con anotaciones del viaje en el *Beagle*, en los cuales se aprecia lo que podrían ser los primeros esbozos escritos sobre la evolución.

El legado familiar persiste en las contribuciones de Richard Keynes, bisnieto de Darwin, quien catalogó los especímenes y las notas del viaje en el *Beagle* y escribió una historia de la travesía. El embriólogo inglés sir Gavin De Beer fue la primera persona no perteneciente a la familia de Darwin que se dedicó a preparar la publicación de los "Cuadernos de la Transmutación", escritos inéditos anteriores a *El origen de las especies*. Desde entonces, académicos y filósofos se han incorporado a la exégesis de la obra de Darwin y hasta han superado en número a los biólogos estudiosos de su obra.

Por otra parte, abundan las novelas y otros estudios de aspectos particulares de la vida y la obra del gran naturalista inglés. Probablemente, el género más importante que ha surgido en los últimos tiempos es la biografía en la que el contexto social cobra protagonismo, y sobre Darwin aparecieron muestras excelentes del género. No ha habido ninguna teoría con un impacto social semejante al de la evolución y, al afirmar esto, no estoy olvidándome de $e = mc^2$. Comprender el carácter de la época de la infancia y la juventud de Darwin, un carácter que él contribuyó a modificar, es fundamental, en especial para saber por qué tardó más de veinte años en publicar sus ideas revolucionarias y cómo se generaron esas ideas. Entre las mejores biografías de Darwin que consideran aspectos sociales y psicológicos se encuentran la de Janet Browne, en dos tomos, la de Adrian Desmond y James Moore, y el estudio realizado por Randal Keynes.

Están también los trabajos que se dedican exclusivamente a la historia intelectual. Gracias a la erudición y a la pericia de Sandra Herbert y David Kohn, que han acometido la difícil tarea de descifrar los manuscritos del "Cuaderno Rojo" y los "Cuadernos de la Transmutación", respectivamente, es posible volver sobre el curso

del pensamiento de Darwin acerca de la evolución casi hasta sus primeros pasos. La odisea intelectual de Darwin respecto de la evolución es, según lo veo yo, más cautivante que las muchas aventuras que vivió en su épico viaje de cinco años a bordo del *Beagle*.

Si bien es difícil encontrar una veta que aún no haya sido explotada por los autores que me precedieron, he descubierto en los primeros cuadernos de anotaciones de Darwin una historia de creatividad intelectual de crecimiento y cambio, que representa una forma de evolución personal que hasta ahora no ha recibido la atención que se merece. Mi abordaje del tema parte de mi perspectiva de biólogo evolucionista cuya pasión y objetivo principal es descubrir las relaciones entre lo que pensamos que sabemos acerca de la historia de la vida en la Tierra, por un lado, y las ideas que tenemos sobre cómo se lleva a cabo la evolución: los procesos que conciertan la creación de la historia a cuyo estudio nos dedicamos.

Para ser más específico, me dedico a la paleontología. Darwin se dedicó en un principio a la geología, y fueron sus observaciones de fósiles de América del Sur, realizadas durante su viaje en el *Beagle*, las que lo convencieron de que la evolución era un hecho. Sin embargo, para la época de la publicación de *El origen de las especies*, Darwin ya había restado importancia a la función de los fósiles y a los demás indicios que le habían sugerido las primeras ideas para elaborar la teoría evolutiva. Es importante saber por qué, pues, como ya he señalado, los actos y las decisiones de Darwin han dado forma a la biología evolutiva hasta nuestros días. He aquí mi veta para explorar: una historia intelectual de las ideas de Darwin sobre la evolución vistas desde la perspectiva de un darwiniano entusiasta que se dedica a uno de los tantos campos del saber relacionados con la teoría evolutiva.

Como comentario sobre las fuentes que estudié para escribir este libro, diré que nunca he conocido a nadie tan claro en su razonamiento como Charles Robert Darwin. Era completamente honesto al escribir; honesto, sobre todo, consigo mismo. Era muy explícito en lo que respecta a su modo de pensar las cosas, a cómo y por qué llegaba a cada una de sus conclusiones y a cuál era su método, desde un punto de vista analítico y filosófico. Ése es un punto decisivo, porque una lectura exhaustiva de sus escritos permite

descubrir el proceso creativo que lo condujo a pensar en la evolución y comprender por qué y cómo sus ideas fueron cambiando con el correr del tiempo.

En 1876, Darwin escribió su autobiografía, que, según él mismo declara, concibió para que la leyera sólo su familia. No hay motivos para dudar de su afirmación; después de todo, muchos de sus primeros manuscritos fueron de carácter personal y privado. Como nos suele ocurrir a todos, Darwin quizá no se conocía a fondo, y probablemente no supiera que el malestar digestivo que lo afectó durante toda su vida adulta no se debió a ningún problema orgánico, sino que fue la consecuencia de guardar el oscuro secreto de la evolución. En todos sus escritos personales y científicos, Darwin se revela como un escritor carente de toda malicia. Con esto quiero decir que su autobiografía es una fuente creíble, de modo que la citaré en la breve reseña biográfica que expongo a continuación.

Los primeros años

Charles Darwin nació en el seno de una familia acomodada. Los dos abuelos, fallecidos antes de que él naciera, fueron hombres de prestigio en su época. Erasmus Darwin, el abuelo paterno, fue un médico y poeta famoso cuya obra más conocida –en parte, gracias a que su nieto se abocó al estudio de los mismos temas que los que trata el libro– es *Zoonomia*, un estudio de la fisiología, la salud y la naturaleza biológica que hacía referencia a lo que hoy denominamos evolución. El abuelo materno fue el reconocido ceramista Josiah Wedgwood. Erasmus Darwin y Josiah Wedgwood eran amigos y miembros de la intelectualidad naciente de los últimos años de la Inglaterra georgiana. Junto con los notables científicos Joseph Priestley y James Watt, los dos eran miembros de la Sociedad Lunar, que reunía a un grupo de intelectuales que estaban a la vanguardia de la ciencia, la medicina y la tecnología, y cuyo sentido del humor los hacía referirse a sí mismos como los "lunáticos".

Las familias Wedgwood y Darwin quedaron formalmente unidas cuando Susannah, la hija mayor de Josiah y Sarah Wedgwood, se casó con Robert Waring Darwin, el tercer hijo de Erasmus y su esposa, Mary. Charles Robert Darwin fue el quinto de los seis hijos del

matrimonio: las primeras tres fueron mujeres, Marianne, Caroline y Susan; luego nacieron dos niños, Erasmus y Charles; y por último una niña, Catherine.

La madre de Charles murió cuando él tenía 8 años. El niño creció en "The Mount", la casa familiar de Shrewsbury, mimado por sus tres hermanas mayores, quienes se hicieron cargo del cuidado de la casa cuando falleció la madre. El hermano mayor, Erasmus, a quien llamaban Ras, fue una figura clave en los primeros años de la vida de Charles. El doctor Robert Waring Darwin era una persona generosa, pero algo distante, así que fue muy bueno para Charles contar con sus hermanos mayores.

Además, Charles tuvo la fortuna de que la casa de la familia Wedgwood estuviese cerca de la suya. El tío Josiah, o Jos, un hombre cálido y amable que vivía en Maer Hall con sus siete hijos, sería una figura central en la vida de Darwin, no sólo por el ambiente familiar que Charles vivió durante su infancia en el hogar del tío, sino porque, con el correr de los años, éste se convirtió en guía y consejero. Fue Josiah quien convenció al padre de Darwin de que permitiera a su hijo unirse a la aventura del capitán FitzRoy como naturalista a bordo del *Beagle*. Además, Emma, séptima entre los hijos de Josiah, nacida en 1808, se casó con Charles en 1839.

Los Wedgwood, incluso Susannah y Emma, pertenecían a la Iglesia Unitaria, lo cual significa que eran disidentes en un círculo en el que la mayoría pertenecía a la Iglesia Anglicana. En cierta forma, los Wedgwood y los Darwin tenían tendencias políticas liberales (aunque, siendo estudiantes, Ras y Charles se sintieron atraídos por la derecha hasta que las hermanas mayores los hicieron entrar en razones). Ras organizaba cenas en su casa de Londres a las que, a su regreso del viaje en el *Beagle*, el joven Charles asistía con frecuencia. Acudían asimismo a esas cenas invitados, como Harriet Martineau, que simpatizaban con la izquierda.

Así fue que, en cierta medida, Darwin creció en un entorno social y económicamente privilegiado, pero no por ello carente de conciencia social. Ambas características no son mutuamente excluyentes, pero (al igual que en la actualidad), la riqueza y el compromiso social no siempre van de la mano, una circunstancia que, al menos así lo creo yo, explica por qué Darwin sintió que debía seguir hasta

el final e incluir al hombre en sus conclusiones evolucionistas. Ya en sus primeros apuntes sobre el tema aparecen sus ideas al respecto. Al mismo tiempo, Darwin tenía cierta reticencia a provocar en la sociedad victoriana el impacto que generaría su teoría; por eso la mantuvo en secreto.

Después de la muerte de su madre, Darwin fue enviado a una escuela en Shrewsbury, donde recibiría la educación clásica de rigor. Pero a Charles le entusiasmaba la vida al aire libre, y de muy joven empezó a recolectar especímenes del entorno natural, una pasión que compartía con Ras. Los dos hermanos solían realizar experimentos químicos en una caseta del jardín de su casa. Cuando Darwin se entusiasmó con la caza –experiencia que le sirvió tiempo después, cuando se embarcó en el *Beagle* como naturalista– su padre lo reprendió, tal como lo recuerda Charles en su autobiografía: "No te importa otra cosa que la caza, los perros y atrapar ratas. Así no llegarás a nada en la vida; serás una vergüenza para la familia".

Así fue como el padre envió a Charles, por entonces un joven de 15 años, a Edimburgo, donde se reunió con Ras e inició sus estudios de medicina, la carrera tradicional de la familia. Con la medicina ganaría dinero y sería alguien en la vida. Pero la incursión temprana en los estudios superiores y el plan de construirse una identidad respetable no le llamaban la atención al joven. Finalmente, ni Charles ni Ras se dedicaron a la medicina. Los hermanos fueron muy unidos durante toda su vida, hasta la muerte de Ras, ocurrida en 1881, un año antes que la de Charles. A diferencia de su hermano, Ras nunca manifestó una vocación profesional muy clara.

Charles, en cambio, tenía muchas ambiciones, aunque permanecieron ocultas en su juventud. Uno de los motivos queda bien en claro en una frase clave de la *Autobiografía*. Refiriéndose a la época que pasó en Edimburgo, Darwin escribe: "No tardé en darme cuenta de que mi padre me dejaría una herencia que me permitiría vivir cómodamente". Libre de preocupaciones en materia económica, Darwin sumó la resistencia a sentar cabeza a una mínima afición a la medicina. Al joven lo alteraban los gritos agonizantes de los pacientes a quienes operaban sin anestesia. Había que ser fuerte para soportar el sufrimiento de los enfermos y la crueldad de la medicina de esa época.

Las experiencias de Charles en Edimburgo constituyeron el primer paso de su futuro profesional. Apasionado por las ciencias naturales, allí siguió coleccionando escarabajos (una colección que había iniciado en Shrewsbury); pero eso no fue todo, porque en Edimburgo se encontró por primera vez con el rigor de la investigación y con el fervor de la discusión. Se incorporó a la Sociedad Pliniana y en ese contexto escribió su primer artículo, cuyo tema era una especie de invertebrados marinos que habitaba en el estuario de Forth. Además, conoció al profesor Robert Grant, un fervoroso defensor de la teoría lamarckiana y admirador de Erasmus Darwin y de su *Zoonomia*.

Ahora bien, el padre de Darwin, que era el encargado de pagar la aventura escocesa de su hijo, se dio cuenta de que el joven no se dedicaría a la medicina y decidió entonces enviarlo a Cambridge con el fin de que estudiara para convertirse en ministro de la Iglesia, a pesar de las inclinaciones unitarias de su esposa. Darwin comenta en su autobiografía que "considerando el ataque que recibí de parte de la ortodoxia, parece absurdo que alguna vez yo haya pensado en ser clérigo".

Darwin llegó a Cambridge a finales de 1828 y se graduó en 1831. Si bien no integró el cuadro de honor, estuvo entre los mejores estudiantes. Allí, Darwin acentuó su gusto por el costado más informal de las ciencias naturales; disfrutaba con la recolección de plantas y, por supuesto, de sus queridos escarabajos, un hobby que combinaría con tareas intelectuales más serias durante toda su vida. En su autobiografía asegura: "En Cambridge, nada me producía tanto entusiasmo y alegría como recolectar escarabajos". Y también en Cambridge empezó a tomar forma su otro costado, que había nacido en Edimburgo. El botánico y geólogo John Stevens Henslow introdujo a Darwin en el ámbito profesional de las ciencias naturales, en particular en la botánica. Darwin pasó a ser "el hombre que camina junto a Henslow"; la relación entre ambos sería muy provechosa.

Henslow era clérigo, al igual que otro profesor de Cambridge, Adam Sedgwick, quien, por su parte, fue uno de los primeros geólogos de prestigio de Gran Bretaña. La excursión de una semana que Darwin hizo con Sedgwick a Gales en agosto de 1831 por sugeren-



Ilustración que representa a Charles Darwin montado sobre un escarabajo gigante, realizada por su amigo Albert Way. A Darwin le encantaba coleccionar escarabajos, una tarea que inició de joven. Aunque los escarabajos nunca tuvieron protagonismo en sus notas, escritos y libros sobre evolución, la gran diversidad de insectos de Inglaterra fue, sin duda, la fuente de inspiración que llevó a Darwin a observar y recolectar organismos vivos y a reflexionar sobre la naturaleza.

cia de Henslow fue el aprendizaje de trabajo de campo más completo que el joven haya realizado jamás en ninguna otra disciplina. Durante el resto de su vida, Darwin se presentó siempre como geólogo; de hecho, adquirió su reputación científica temprana por los excelentes trabajos geológicos realizados durante la temporada en el *Beagle*, algunos de los cuales fueron publicados por Henslow en nombre de Darwin, basándose en las cartas que el joven naturalista le enviaba desde tierras remotas.

El viaje en el Beagle, 1831-1836

Cuando Darwin regresó de Gales, recibió una carta de Henslow que habría de marcarlo para siempre, pues lo empujó hacia "el acontecimiento más importante de mi vida". Darwin recuerda en su autobiografía: "Al regresar a casa tras mi breve salida geológica por el norte de Gales, recibí una carta de Henslow en la que me decía que el capitán FitzRoy estaba interesado en ceder parte de su propio camarote a algún joven que quisiera ir como naturalista en el viaje del *Beagle*". El padre de Darwin no estaba de acuerdo con la idea de

que su hijo se embarcara, pero afortunadamente convino que si algún hombre sensato le "aconsejaba que lo hiciera", él le daría su consentimiento. Así fue que en un primer momento el joven rechazó la oferta, pero con la intervención del tío Josiah Wedgwood, el hombre cedió y Darwin pudo marcharse.

El viaje duró casi cinco años, desde el 27 de diciembre de 1831 hasta el 2 de octubre de 1836. Darwin tenía un gran entusiasmo por conocer el trópico. Antes de la invitación a embarcarse en el *Beagle*, ya había leído el relato de Humboldt acerca de su viaje a las Canarias y a América del Sur, y había considerado visitar Tenerife. Estaba dispuesto a aprovechar al máximo la oportunidad. Durante la travesía (y a pesar de que navegar no le sentaba del todo bien, por lo cual ansiaba desembarcar para explorar detenidamente la costa) se ganó la reputación de ser uno de los dos o tres hombres más activos y enérgicos del barco.

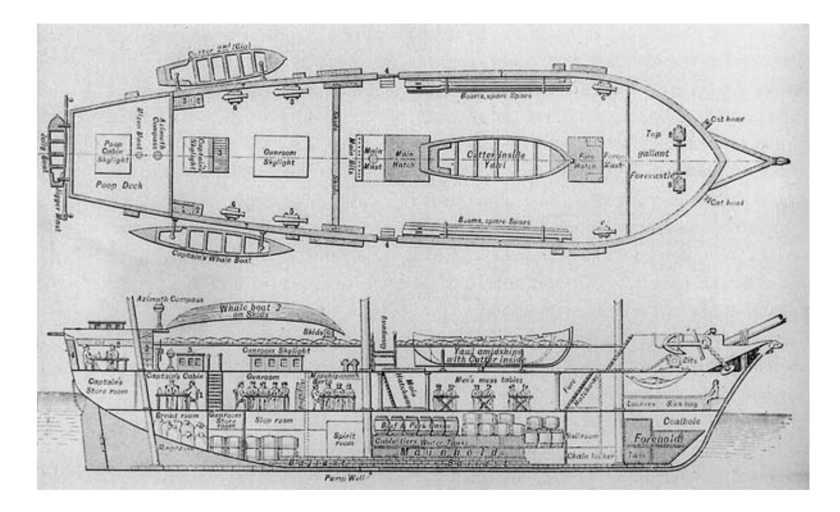
El capitán Robert FitzRoy, escribe Darwin, tenía "muy mal carácter". La famosa discusión sobre la esclavitud que tuvieron en Brasil le costó a Darwin el privilegio de comer con el capitán por un tiempo, hasta que FitzRoy finalmente se disculpó. Darwin había visto el mercado de esclavos en Bahía, al norte de Brasil, y se había horrorizado por la brutalidad y la falta de humanidad que significaba separar a los hombres de sus mujeres y a los padres de los hijos. Si bien fue un victoriano típico en lo que respecta a las ideas sobre las mujeres y los "salvajes", en cierta medida apreciaba la esencia humana de todas las personas que encontró en su viaje, fuesen éstas "salvajes", esclavos o colonos. Pero si había algo que Darwin no toleraba era la conducta inapropiada.

El objetivo del viaje del *Beagle* era el trazado de un mapa de las costas meridionales de América del Sur. En una travesía anterior, FitzRoy había llevado a Inglaterra a varios pobladores fueguinos, los famosos salvajes desnudos que habitaban los parajes patagónicos. Los indígenas habían aprendido a hablar inglés y pronto se dieron cuenta de cuáles eran las reglas básicas de urbanidad británicas. En su segundo viaje, FitzRoy llevó a tres de regreso a su tribu, y un año después se sorprendió de ver a uno de ellos otra vez desnudo y con el cabello enmarañado, como si se hubiese desprendido de todas las sutilezas victorianas que había adquirido en su estancia en

Inglaterra. FitzRoy veía un fracaso en esa realidad; Darwin, en cambio, advirtió la superficialidad de las diferencias pasajeras entre caballeros y salvajes desnudos. En apariencia, había en el mundo grandes diferencias, pero hurgando un poco se apreciaba que el *Homo sapiens*, independientemente de su grado de "civilización", tenía toda una experiencia en común.

Darwin comenzó a descubrir fósiles y a observar animales como el ñandú (el "avestruz" sudamericano), el guanaco, la vicuña y la alpaca. Esas observaciones y las posteriores, realizadas en las Galápagos, fueron el primer paso en la formulación de la teoría de la evolución, que se gestó, probablemente, antes de que concluyera el viaje en el *Beagle*. Pero nos ocuparemos de esos detalles en los capítulos siguientes. Darwin, entonces, reunió una colección muy completa, y sus abundantes y detalladas observaciones geológicas dan muestra de una gran inteligencia. Empezó a enviar especímenes a Inglaterra junto con cartas en las que anunciaba sus descripciones geológicas. Había llevado consigo el primer volumen de *Principios de geología*, de sir Charles Lyell, que, como veremos más adelante, fue un elemento clave para que a la mente creativa de Darwin se le ocurriera la idea de la evolución. A la vez, el libro de Lyell lo adentró aun más en la geología, a tal punto que Darwin proporcionó pruebas indiscutibles de que los Andes se habían erigido por acción de una larga serie de terremotos desde la profundidad del océano (Darwin fue testigo de un terremoto en Valdivia, Chile, en 1835). La sección trasversal de los Andes ilustrada por Darwin es una versión clásica de la condición estática temporaria del plegamiento periódico de los sedimentos depositados en el fondo del mar, transformados en montañas prodigiosas.

En una etapa posterior del viaje, Darwin se abocó al estudio de los arrecifes de coral. Sus observaciones sirvieron para que se iniciara una revisión de la teoría dominante sobre la formación de atolones. Los resultados del trabajo con los corales fueron publicados en 1842, en la edición original de *La estructura y distribución de los arrecifes de coral*. Darwin descubrió y recolectó varias especies nuevas, muchas de las cuales fueron bautizadas en su honor con el transcurso de los años. En una de sus características afirmaciones contradictorias, escribe en su autobiografía:

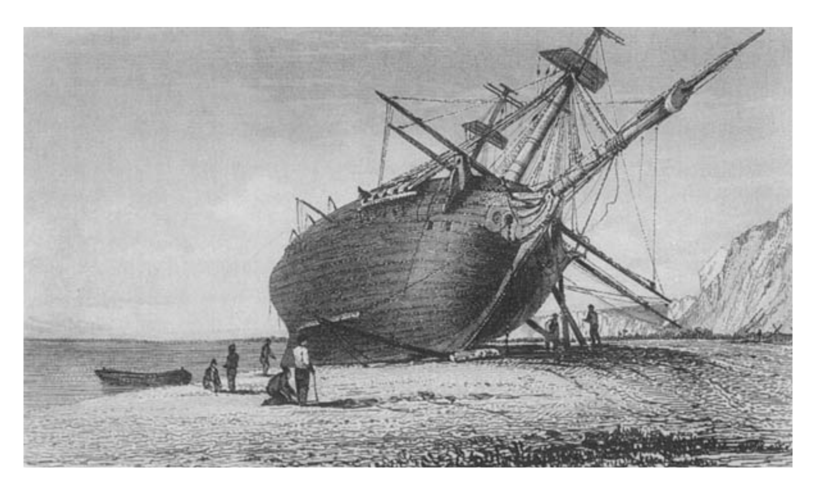


Planos del HMS *Beagle*. El *Beagle* era un bergantín de diez cañones, construido once años antes del viaje que lo hizo famoso. Tenía sólo 27 m de eslora y 7 m de manga.

> De acuerdo con la impresión que tengo de mí mismo, trabajé durante todo el viaje por el placer que me brinda dedicarme a la investigación y por mi deseo de aportar algo al vasto saber de las Ciencias Naturales, pero también por el afán de ocupar un lugar destacado entre los hombres de ciencia… aunque no puedo asegurar si ese afán era mayor o menor que el de mis colegas.

Su avidez de fama y el deseo de librarse de la profesión clerical a su regreso fueron el motor de la perseverancia que ponía en la tarea y tuvieron un peso considerable en la necesidad de idear algo sin precedentes: la teoría de la evolución.

La tripulación del barco se tomó su tiempo para trazar el mapa de las aguas meridionales de América del Sur, lo que permitió a Darwin permanecer largos períodos explorando la costa, recogiendo especímenes y realizando observaciones geológicas. El *Beagle* llegó al Océano Pacífico a través del Estrecho de Magallanes en junio de 1834 y a las islas Galápagos en septiembre de 1835, de donde zarpó a las cinco semanas en dirección a Tahití, Nueva Zelanda, Australia y Sudáfrica. Al dejar atrás Ciudad del Cabo, para sorpresa de Darwin y el resto de la tripulación, quienes creían que ya regresarían a su



El *Beagle*, a la vera del río Santa Cruz. Llevaron el barco a la orilla para repararlo. Ilustración de Conrad Martens.

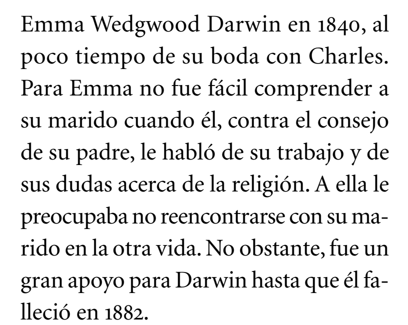
país, el capitán FitzRoy decidió volver a cruzar el Atlántico. Pero finalmente, FitzRoy se arrepintió y regresó a Inglaterra, donde arribó en octubre de 1836.

Londres: boda e ideas revolucionarias, 1837-1842

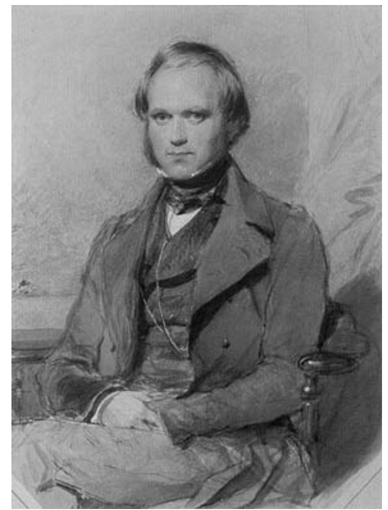
Si bien los casi cinco años a bordo del *Beagle* le dieron la orientación y los argumentos para lo que sería su gran obra, fue durante los cinco años siguientes a su regreso a Inglaterra que Darwin formuló la teoría de la evolución, consolidó su posición entre los hombres de ciencia, se casó con Emma Wedgwood y vio nacer a los primeros dos de los diez hijos que tuvo en total.

Cuando regresó de su viaje, se encontró con que ya era conocido en los círculos científicos, gracias a la intervención de sus mentores y amigos, en especial Henslow y Lyell. Aunque viajaba con frecuencia a Maer Hall y The Mount, en Shropshire, y visitaba Cambridge, Darwin vivía en Londres, donde se mudó a una casa en la calle Upper Gower después de casarse con su prima Emma en 1839. Fue miembro activo de la Sociedad Geológica (a pesar de no estar convencido del nombramiento como secretario, aceptó el cargo en 1838) y del Club Athenaeum. En enero de 1837, poco después de haber vuelto,





Emma Wedgwood Darwin en 1840, al poco tiempo de su boda con Charles. Para Emma no fue fácil comprender a su marido cuando él, contra el consejo de su padre, le habló de su trabajo y de sus dudas acerca de la religión. A ella le preocupaba no reencontrarse con su marido en la otra vida. No obstante, fue un gran apoyo para Darwin hasta que él falleció en 1882.



Charles Robert Darwin en 1840. Si bien aún no había escrito ningún ensayo con la descripción detallada de sus ideas evolucionistas, el Darwin que vemos aquí ya tenía en mente todos los elementos necesarios para formular su "excelente teoría" de la evolución por medio de la selección natural.

presentó un artículo sobre la elevación de la costa chilena en la Sociedad Geológica.

Darwin se dedicó a la escritura de su primer libro, publicado como parte de una colección de artículos con los resultados del viaje y editado por el capitán FitzRoy. El título de la obra es *Journal of researches into the geology and natural history of the various countries visited by H.M.S.* Beagle*, under the command of Captain FitzRoy, R.N. from 1832 [sic] to 1836* y se hizo conocida como *El viaje del "Beagle"*. Para alegría de Darwin, el libro tuvo mucho éxito, aunque de sus ventas nunca haya visto un centavo. Con el correr de los años, supo obtener ventajas económicas de esa experiencia y fue uno de los primeros autores en recibir adelantos en concepto de re-

galías cuando envió el manuscrito de *El origen de las especies* al editor John Murray.

El siguiente paso consistió en analizar todas las muestras recogidas en el viaje: rocas, minerales, fósiles, invertebrados marinos, animales terrestres y plantas. Darwin convocó al ornitólogo John Gould para que estudiara las especies de aves y entre fines de la década de 1830 y principios de la década siguiente comenzaron a publicarse los resultados.

Sin embargo, el verdadero acontecimiento en la vida profesional de Darwin –el que le provocó tanta ansiedad que tuvo manifestaciones somáticas como malestares estomacales y palpitaciones, igual que antes de embarcarse en el *Beagle*– no salió a la luz: "En julio [de 1837], abrí mi primer cuaderno dedicado a datos que utilizaría en *El origen de las especies* sobre los que había reflexionado durante mucho tiempo y no dejaría de hacerlo en los veinte años siguientes". Analizaremos aquí el contenido de esos cuadernos –y el de los dos ensayos de 1842 y 1844, este último escrito mientras Darwin vivía ya en Down House– en los capítulos 3 y 4, pues en esos manuscritos descubriremos el desarrollo del núcleo de la teoría de Darwin. Esos primeros documentos son una especie de ventana abierta a la naturaleza del proceso creativo.

No pasó mucho tiempo hasta que Darwin advirtió que el hombre no era la excepción a su tesis de que todas las especies están relacionadas por medio de un proceso de descendencia. Como relata en su autobiografía:

> Tan pronto como estuve convencido, en 1837 o 1838, de que las especies no son inmutables, no pude evitar pensar que el hombre debe estar regido por esa misma ley. En consecuencia, comencé a escribir al respecto, pero para mí solamente, sin intención de publicar mis manuscritos.

En algunas de esas anotaciones, compara el comportamiento de Jenny, un orangután hembra del Zoológico de Regent's Park, con el de los dos primeros hijos de su matrimonio con Emma: William (nacido en 1839) y Anne (nacida en 1841). Él quería mucho a sus niños, y aun así no veía ningún problema en la comparación. Desde



Jenny, uno de los dos orangutanes hembra con ese nombre que llegaron al Zoológico de Regent's Park de Londres. Darwin estaba fascinado con su tarea comparativa entre el comportamiento de los orangutanes y el de sus dos hijos mayores, William y Anne. La reina Victoria opinaba que el parecido de la segunda Jenny con los humanos era "desagradable".

luego, según la tradición, toda similitud entre el hombre y el mono era pura coincidencia, pues el hombre había sido creado a imagen y semejanza de Dios.

Down House, 1842-1882

Del siguiente párrafo de la autobiografía de Darwin se deduce que, según él, en los últimos cuarenta años de su vida no hubo acontecimientos dignos de mención:

> Pocas personas habrán vivido una vida más solitaria que la nuestra. Aparte de visitas breves a la casa de familiares o a la costa, no

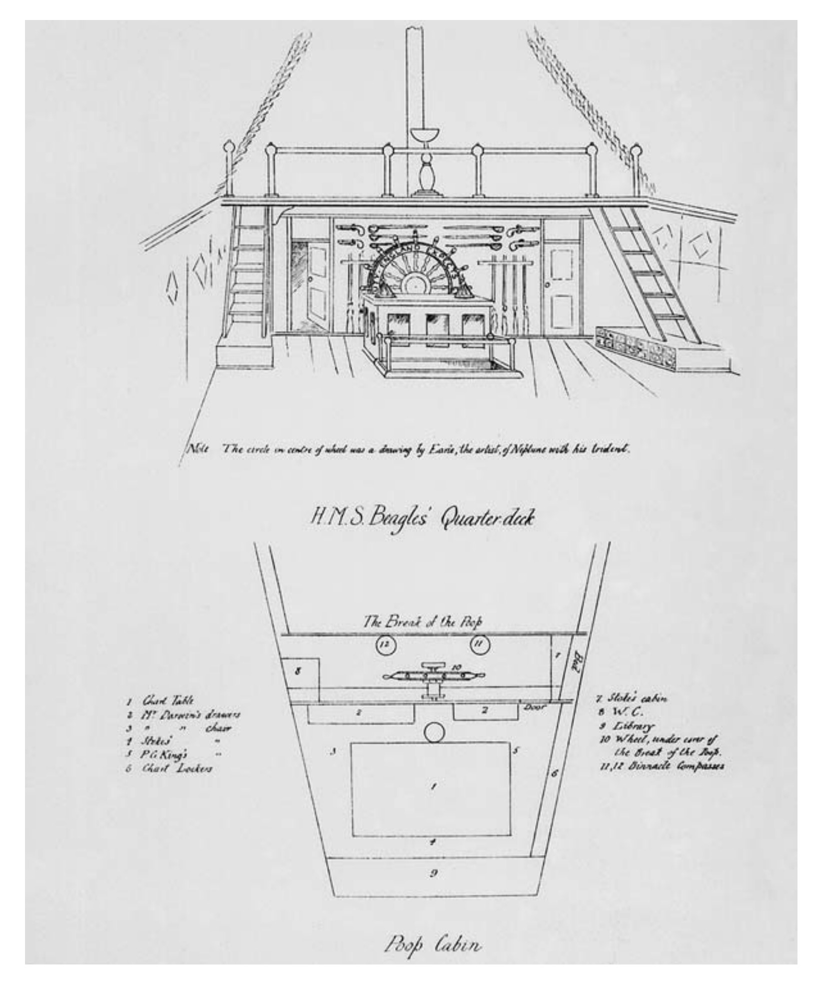


En un gesto contundente que revela su influencia aún en el siglo xxi, en el año 2000 se reemplazó en el billete de diez libras esterlinas a Charles Dickens, otra figura victoriana, por Darwin.

hemos ido a ningún sitio [...]. Así que no hay nada que destacar en el resto de mi vida, salvo por la publicación de mis libros.

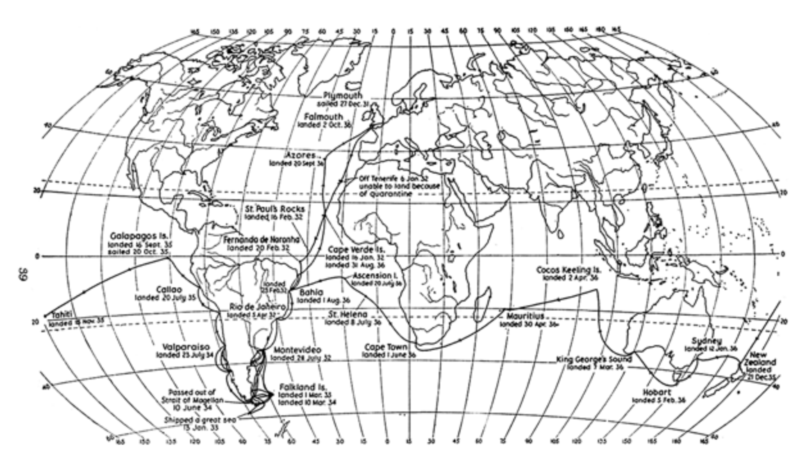
Es cierto que la tranquila vida hogareña en Kent representó para él un refugio alejado del mundo, una elección que nadie que lo hubiese conocido de joven podría haber imaginado. Hacía poco tiempo que el ferrocarril había empezado a formar parte de la vida cotidiana británica, y la pequeña ciudad de Downe, al sudeste de Londres, ya no parecía tan lejana de la vida agitada que él había llevado hacía años. Darwin y su esposa pensaron que mudarse a una localidad más rural, con menos contaminación, sería mejor para una familia con varios hijos y proporcionaría un entorno más adecuado para la contemplación y la escritura.

Debido a su constante mala salud, Darwin socializaba poco ("Durante años, me vi obligado a suspender todas las reuniones, una circunstancia que viví con tristeza, porque siempre he disfrutado



Castillo de popa del *Beagle* y plano del camarote de Darwin. Darwin tenía que agacharse para entrar y salir de su camarote. Durante el día, compartía el reducido espacio (3 m x 3,40 m) con un camarada de a bordo. Allí estudiaba las muestras y escribía sus anotaciones. De noche, colgaba la hamaca encima de la mesa.

mucho de la vida social"). En otra sección de la autobiografía se refiere al mismo tema con una mirada distinta, revelando así una especie de secreto: "Mi salud delicada, si bien ha aniquilado varios años de mi vida, me ha evitado las distracciones de la sociedad y su ajetreo". Darwin rehuía cada vez más la sociedad, y cuando viajaba,



Mapa que ilustra la travesía del *Beagle*. El propósito principal del viaje, que duró cinco años, era trazar un mapa de las costas meridionales de América del Sur.

sólo iba a la casa de familiares o de amigos muy cercanos o a Malvern, para beneficiarse de las aguas curativas.

Como comentaremos en el capítulo 2, Darwin era una persona muy intuitiva, con un razonamiento sumamente creativo. Asimismo, recurría a los ensayos experimentales, que llevaba a cabo en el invernadero o en otras partes del jardín de su casa, para poner a prueba sus ideas. Nunca dejó de observar la naturaleza que lo rodeaba; tan es así que en el libro *La caja de Annie: Charles Darwin, su hija y la evolución humana*, Randal Keynes relata una anécdota –que siempre se repetía en la familia de Darwin– según la cual Jessie Brodie, la niñera que había sido empleada de William Makepeace Thackeray, después de ver a Darwin mirando un hormiguero durante una hora comentó que era una pena que, a diferencia de Thackeray, el señor Darwin no tuviese nada que hacer en todo el día. La anécdota resume a la perfección cómo era la vida cotidiana de Darwin en Down.

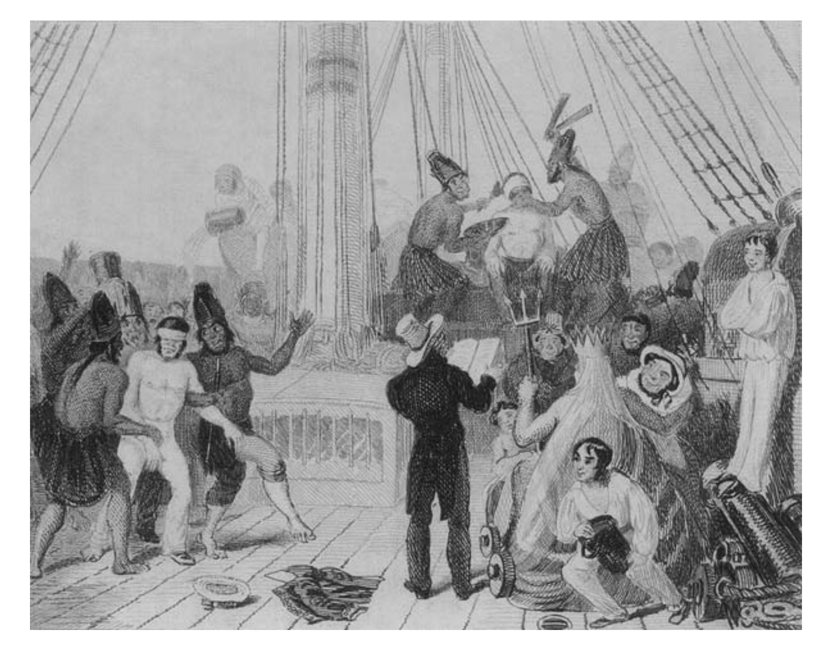
Los detalles de la actividad científica de Darwin –en particular, sus ideas y sus escritos sobre la evolución– aparecen en los capítulos siguientes. Basta mencionar que, de hecho, gran parte del trabajo científico que Darwin realizó en Down House no se menciona en *El origen de las especies* (cuya versión original se publicó por primera vez en 1859) ni en *El origen del hombre* (1871). A partir de 1846, Darwin pasó ocho años (dos de ellos fueron tiempo perdido, se-



El capitán Robert FitzRoy, a cargo del HMS *Beagle*. Debido a sus ideas conservadoras, tuvo fuertes discusiones con Darwin, pero en general tenían buena relación y se tenían respeto mutuo. No obstante, FitzRoy se indignó cuando, varios años después, Darwin publicó sus ideas evolucionistas.

gún sus propias palabras, debido a su enfermedad) estudiando los percebes. Aunque a veces se diga que ese estudio de la sistemática o clasificación de los percebes fue fundamental para el desarrollo de sus ideas evolucionistas, éstas ya existían en la mente de Darwin y habían aparecido en el ensayo de 1844. En realidad, los percebes fueron la excusa para tener algo de que ocuparse y retrasar así la escritura del libro sobre la evolución. Es cierto que el trabajo en los percebes contribuyó a incrementar su reputación como científico, pero poco aportó al contenido de *El origen de las especies*.

Las palomas, en cambio, ocupan un lugar destacado en ese libro. Después de la muerte de Annie, en 1851, pasaron unos pocos años hasta que Darwin se dispuso a escribir lo que sería su obra maestra, que tendría por título *La selección natural*. Decidió especializarse en algún área de la cría selectiva y resolvió entonces acercarse al mundo de la cría de palomas domésticas. Cuando las circunstancias lo obligaron a abandonar *La selección natural* y publicar *El*



Cruce del ecuador a bordo del *Beagle*. Darwin debió someterse al ritual del bautismo obligado para todos los que cruzaban por primera vez la línea del ecuador. Dibujo original de Augustus Earle y Conrad Martens, dibujantes de a bordo.

origen de las especies, un libro más breve, su trabajo experimental con palomas desempeñó una función primordial en la presentación de sus ideas evolucionistas. De hecho, un lector contratado por el editor John Murray antes de decidirse a publicar *El origen de las especies* consideró que la única sección que valía la pena era la que abordaba el tema de la cría de palomas.

Después de la publicación del libro, en 1859, Darwin se metió de lleno en la botánica, en estudios tanto experimentales como de campo. El trabajo es importante para la historia de la botánica, pero, una vez más, parece haber sido realizado, si bien con entusiasmo, para ocupar el tiempo y olvidar las reacciones de los lectores de *El origen de las especies*, por un lado, y para resolver cuestiones relacionadas con la herencia y la variación, por otro. Los trabajos posteriores de Darwin con lombrices de tierra, plantas insectívoras o plantas trepadoras también son valiosos. Y aunque no haya seguido dedicándose a la geología a su regreso a Down House, si no se le hubiese

ocurrido formular la teoría de la evolución Darwin sería recordado por sus trabajos en geología, tanto por las observaciones de campo como por las ideas sobre la edad de la Tierra.

Pero lo cierto es que a Darwin se lo sigue recordando –es más, es imposible olvidarlo– por su teoría de la evolución, que fue verdaderamente revolucionaria. Después de su muerte, en 1882, en un intento apresurado por incorporarlo al panteón de las figuras más prominentes de Gran Bretaña, Darwin fue sepultado en la Abadía de Westminster. ¿No es una paradoja? Darwin fue revolucionario a su pesar. Su curiosidad y su expreso deseo de "ocupar un lugar destacado entre los hombres de ciencia" lo condujeron a la evolución y a la terrible posibilidad de oponerse a la censura bien establecida, que la sociedad británica ejercía en voz baja. En una oportunidad, Emma aseguró que no conocía a un hombre más honesto o abierto ("transparente" fue la palabra que utilizó) que su marido. Como podremos apreciar en los capítulos siguientes, Darwin era más abierto y honesto cuando escribía para sí. Sin embargo, no redujo en lo más mínimo esa profunda integridad cuando se vio obligado a revelar sus ideas en público. El hombre, sus procesos intelectuales y sus ideas merecen un análisis mucho más detallado.

2
Darwin en el sendero de grava

Pensemos unos instantes en Charles Darwin dando uno de los paseos diarios por su sendero favorito, el del fondo de su casa en Down House, que había ordenado cubrir con grava de Kent. En apariencia, todo está en orden. Estamos en junio de 1858. Darwin toma su bastón y sale por la puerta trasera de Down House. En 1858, Darwin era un hombre de mediana edad –49 años– que tenía sus costumbres cotidianas. Cuando salía a dar su paseo habitual por el Sandwalk, el sendero cubierto de piedra caliza, sílex y alguno que otro fósil de los sedimentos cretácicos del sudeste de Inglaterra, tomaba aire, inspeccionaba el terreno y reflexionaba sobre su vida y su trabajo. Disfrutaba de esas caminatas por el sendero que separaba su gran solar de la propiedad de su vecino. Algunas veces, sentía la dicha característica de cuando se nos ocurre una idea de pronto, la solución a un problema impertinente. Darwin era muy intuitivo, era una persona cuya creatividad intelectual se complementaba a la perfección con el rigor con el que ponía a prueba sus ideas mediante la observación y el análisis, un rigor característico de la práctica científica moderna, que en esa época era de reciente creación.

Sin embargo, no estaba todo en orden ese día. Es que a su hijo de 2 años, Charles Waring, un niño enfermo que luchaba contra la escarlatina, le quedaba poco tiempo de vida. Su hija Etty (Henrietta), de 15 años, había contraído difteria, y la pequeña Annie, la primera hija mujer de Charles y Emma, había fallecido siete años antes. A la muerte de la niña, ocurrida en 1851 como consecuencia de una tuberculosis, Darwin se despojó de la poca fe religiosa que aún le que-

daba. Todos esos infortunios afectaban a su salud. Años más tarde, su hijo Francis comentó que el padre no había vivido ni un solo día sintiéndose fuerte y saludable, pero ese día de junio, su estómago debe haber estado más revuelto que nunca.

Sobraban los motivos para que él se sintiera mal ese día. Charles Robert Darwin había vivido los últimos veintidós años con un secreto a cuestas. No se trataba de un secreto común y corriente, como un romance prohibido o un crimen (aunque él lo viera como tal). Siendo joven, en la década de 1830, Charles había recorrido el mundo como naturalista del *Beagle* y como compañía de su capitán, Robert FitzRoy. Antes de regresar a Inglaterra, a fines de 1836, Darwin, un joven que aún no había cumplido los 28 años, ya estaba convencido de que la vida había evolucionado por causas naturales. Sabía que el hombre no era la excepción, que era uno más entre los seres vivos dentro de un espectro del que también formaban parte los demás animales, las plantas y los microorganismos, de los que no se sabía demasiado en esa época.

Darwin guardó para sí esas ideas. Es cierto que le comentó a su padre que su trabajo lo llevaba a albergar serias dudas sobre su fe religiosa, y el padre, el doctor Robert Waring Darwin, le había aconsejado no decirle nada a su prometida, consejo que Charles, en una muestra de su acostumbrada honestidad, no siguió. Emma, entonces, se preocupó, pero no porque las dudas religiosas fuesen poco usuales o porque las viera como algo atroz, ya que el escepticismo religioso no sólo era frecuente en ciertos círculos de Inglaterra sino que había entrado en la familia en los días del abuelo que la pareja tenía en común, Josiah Wedgwood, y del abuelo paterno de Darwin, Erasmus. En realidad, lo que la preocupaba del alejamiento de Charles de la ortodoxia cristiana era la posibilidad de no reencontrarse con él en la otra vida. En el siglo XXI, su reacción puede parecer curiosa, pero en las primeras décadas del siglo XIX era algo normal, teniendo en cuenta que en esa época la vida era más breve que hoy en día. La medicina estaba en pañales, los antibióticos no existían y la expectativa de vida era corta.

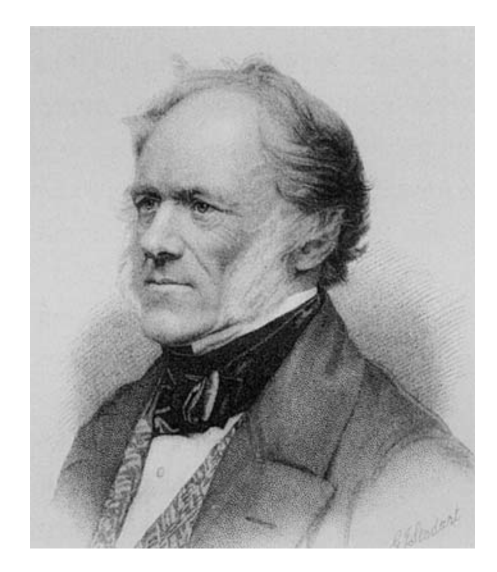
El secreto que Darwin no reveló fue la *razón* por la cual había empezado a dudar de la religión. Así y todo, poco después de la boda, celebrada en 1839, Emma se enteró de ese secreto. Darwin guar-

daba a buen recaudo el primer manuscrito terminado que trataba el tema de la evolución –el ensayo de 231 páginas de 1844– junto con una nota dirigida a Emma en la que le indicaba que publicara el texto después de que él muriera, le informaba que necesitaría cuatrocientas libras para financiar la publicación y le proporcionaba los nombres de algunos editores. Por cierto, Emma había leído el manuscrito y había subrayado los párrafos que le resultaban difíciles de comprender.

Darwin no compartió con otros sus ideas evolucionistas –salvo por alguna que otra indirecta soltada frente a sus amistades– hasta que, en 1844, le escribió a su nuevo amigo, el botánico Joseph Hooker, acerca de sus dudas respecto de la "estabilidad de las especies" en una carta famosa por la frase: "siento como si confesara un crimen".

También había hablado con Charles Lyell. En 1836, antes del encuentro con John Herschel en Ciudad del Cabo, este científico, quien ya tenía prestigio entre sus pares británicos, le había escrito a Charles (que gozaba del mismo nivel de reconocimiento que su colega en ese momento) una carta en la que se preguntaba si alguien sería capaz de dar una explicación naturalista de lo que Herschel denominaba "el misterio de los misterios": el surgimiento de nuevas especies que reemplazan a las que se extinguen. Lyell era un buen candidato, pues era el geólogo más talentoso y famoso de Inglaterra, y además era entendido en registros fósiles. Pero en 1858 aún pensaba que las especies eran inmutables, una creencia que no abandonó sino hasta muchos años después de que su joven amigo y colega publicara *El origen de las especies*. El hecho de que Lyell defendiera el creacionismo se debió en gran medida a que temía las consecuencias sociales y morales de la evolución, en especial la evolución del hombre.

Sin embargo, había algo más que la religión detrás del miedo de Darwin a que se desatara una reacción violenta si él se decidía a dar a conocer sus ideas. En 1844, Robert Chambers, un escritor y editor de Edimburgo, publicó bajo un seudónimo *Vestigios de la historia natural de la Creación*, una obra que llenó de curiosidad a los británicos. Los científicos ortodoxos fueron los primeros en arremeter contra el libro. Darwin fue testigo de cómo ridiculizaban las



Sir Charles Lyell, letrado y geólogo. Amplió la teoría de la uniformidad de Hutton en *Principios de geología*, una obra en tres volúmenes. A pesar de las advertencias de Henslow en cuanto a que no había que dar crédito a los contenidos del volumen 1 y pese a las ideas contrarias a la evolución del volumen 2, Darwin leyó la obra completa a bordo del *Beagle* y fue precisamente la teoría de la historia de la Tierra de Lyell lo que en parte le dio la idea de fundar una ciencia de la historia de la vida. Lyell aceptó la teoría de Darwin años después de la publicación de *El origen de las especies* (1859).

teorías y las pruebas del autor, así que se dijo que Chambers no había realizado su tarea como correspondía y que a él no le ocurriría lo mismo. Quien se propusiera discutir la inmutabilidad de las especies –la noción según la cual las especies siguen siendo en la actualidad tal y como las creó Dios– debía formular sus argumentos con sumo cuidado y presentar una evidencia sólida e incontestable en términos de absoluta certeza. Darwin advirtió que había una buena noticia y una mala: la buena era que Chambers no se le había adelantado; la mala, que en 1844 los científicos no estaban pre-

parados para aceptar que la vida había evolucionado por medio de procesos naturales y que atacarían con todas sus fuerzas a todo el que se atreviese a afirmar tal cosa.

Decidió entonces aguardar el momento oportuno, pero mientras tanto escribió su ensayo breve en 1844, una ampliación de *Sketch*, el manuscrito de 35 páginas con tantas notas y aclaraciones que no parecía un artículo revisado y corregido. No obstante, la frescura y la intensidad creativa del texto lo convierten en mi preferido entre los escritos de Darwin sobre la evolución. *Sketch* es un extracto de los cuadernos escritos a fines de la década de 1830, poco después de concluido el viaje del *Beagle*. El texto refleja el entusiasmo de una mente creativa que sólo se aprecia en las anotaciones sumamente elípticas de los cuadernos de apuntes. Darwin era tan reacio a dar a conocer sus ideas que hasta en sus cuadernos y sus primeros ensayos deja ocultas las profundidades de su pensamiento. Poco después de empezar a tomar apuntes de sus ideas evolucionistas, Darwin ya se refería a la evolución como "mi teoría", una frase que da a entender su carácter privado. Tanto es así, que no la volcó por completo en el papel en esos primeros años de su carrera, sino que fue construyéndola en su mente antes de escribir nada concreto. Estoy de acuerdo con los historiadores que piensan que Darwin ya era un evolucionista convencido incluso antes de regresar a Gran Bretaña de su viaje en el *Beagle*, a fines de 1836.

Así y todo, a la teoría aún le faltaba algo. Muchos años después de la publicación de *El origen de las especies* (1859), Darwin escribió que hacía tiempo se había dado cuenta de que una simple presentación de datos pertenecientes a las ciencias naturales –los patrones de variación de las plantas y los animales en el tiempo y el espacio que llevan a concluir que todas las especies que viven en el planeta están relacionadas por descender de otras especies (un proceso, como Darwin lo describía, de descendencia "con modificación")– no sería suficiente para convencer al mundo de que la vida es producto de la evolución. Es verdad que las características que observó durante el viaje por las costas de América del Sur, donde estudió la distribución geográfica de especies modernas y restos fósiles, y en su incursión en las Galápagos le fueron suficientes para convencerse de que en la naturaleza las especies habían evolucionado. Sin em-

bargo, pensó que si iba a presentar su teoría ante el mundo, debía explicar cómo ocurría la evolución.

Darwin descubrió el mecanismo alrededor de dos años después de regresar a Inglaterra. Había leído a Thomas Malthus y había advertido que en cada generación de una especie nacen más individuos que los necesarios para sustituir a la generación de sus padres. Empezó a pensar en la naturaleza como un contexto similar al de los agricultores o los ganaderos, por ejemplo, que "seleccionan" las propiedades que desean para las variedades domésticas de sus plantas y animales. Al darse cuenta de que, fuera cual fuere la causa, la progenie tendía a heredar ciertos rasgos de sus progenitores (y abuelos), formuló el principio de "selección natural": de toda la progenie nacida en cada generación en la naturaleza, los individuos más aptos para la supervivencia dejarán más descendencia en la generación siguiente. Las características que confieren a determinados individuos una pequeña ventaja en lo que él denominaba la "lucha por la existencia" se repetirían en su descendencia en las generaciones sucesivas hasta que cambiaran las condiciones y fueran otras las variantes ventajosas en la lucha por la existencia.

Voilà: la selección natural, muy resumida, aparece en los "Cuadernos de la Transmutación" D y E (escritos en 1838 y 1839), y desarrollada y así denominada en *Sketch*, escrito en 1842. Cuando escribía este último título, Darwin advirtió que lo que él llamaba "mi teoría" era la selección natural y no la concatenación de características regulares de la distribución geográfica y geológica de las especies y su variación, características que convencieron a Darwin del *hecho* de la evolución.

Así y todo, en lugar de publicar su teoría, Darwin se dedicó a los percebes, que poco tenían que ver con las ideas que finalmente expuso en *El origen de las especies*, publicado en 1859. Chambers casi se le adelantó en 1844, y entonces Darwin aprendió una lección muy valiosa acerca del rigor y la precisión que necesitaría en la futura presentación pública de su teoría.

Finalmente, el 14 de mayo de 1856, Darwin comenzó a escribir su obra maestra, que se llamaría *Selección natural*. Para ese día de la caminata por el Sandwalk, en junio de 1858, ya había trabajado sobre unos diez capítulos y todavía le quedaba un largo camino por de-

lante. Entre todos los ejemplos con que se había topado en su vida, pensó en aquellos que más le servirían para dar sustento a la teoría: observaciones que había realizado en el *Beagle*, en la década de 1830, análisis que otros especialistas habían hecho de las plantas, los animales y los fósiles que él había recolectado en esa travesía y casos diversos de la historia natural que había leído durante los pasados veinte años en publicaciones científicas o en cartas intercambiadas con botánicos, zoólogos, geólogos y criadores de plantas y animales de todo el mundo.

Entre los hombres con los que se escribía estaba Wallace, un joven que, en parte siguiendo a Darwin, había estado estudiando la flora y la fauna de las remotas islas de lo que hoy en día son Malasia e Indonesia. Darwin le había escrito alentándolo a continuar con su tarea y a perfeccionar sus ideas sobre las especies.

Era imprescindible ampliar aun más el voluminoso manuscrito sobre la selección natural, y sin demoras. Lo que más molestaba a Darwin en ese día de junio de 1858 era la llegada, unos días antes, de una carta que acompañaba el manuscrito del naturalista y coleccionista de especímenes naturales Alfred Russel Wallace. Con esos documentos, la lucha personal de Darwin por la existencia se había renovado, porque Wallace se le había adelantado con una teoría de la selección natural –con otro nombre– tan bien formulada que, en palabras de Darwin, ni él mismo podría haber escrito mejor un resumen de sus ideas.

Darwin se sentía abrumado. Años después escribió en su autobiografía que poco le importaba qué pensara la gente sobre quién era más original, si Wallace o él. Nada más alejado de la realidad. Bajo la aparente timidez de Darwin había un espíritu ambicioso, un deseo de que la ciencia ocupara un lugar relevante en su vida y lo guiara por el camino del éxito. En la época en que Darwin era muy joven, había pocos científicos que vivieran de la ciencia; quienes se dedicaban a la actividad científica eran en su gran mayoría hombres que se ganaban la vida con otras actividades. De hecho, había dos opciones: los científicos eran hombres ricos que, por lo general, habían heredado su fortuna o eran clérigos que, además de ocuparse de su rebaño de fieles, tenían tiempo de sobra para dedicarse a estudiar el mundo natural. Los mejores naturalistas del segundo grupo

tenían una característica extra: eran profesores en universidades inglesas. El reverendo Adam Sedgwick, que enseñaba en Cambridge, y el clérigo John Stevens Henslow estaban entre ellos.

Sir Charles Lyell no era clérigo sino un abogado de gran prestigio proveniente de una familia acomodada y un apasionado de la ciencia, a la que dedicaba mucho tiempo y esfuerzo, tanto como un científico profesional. Se abocó a continuar el trabajo de James Hutton, un naturalista, geólogo y médico escocés de la generación anterior. Hutton formuló la teoría geológica de la uniformidad, según la cual "el presente es la clave para entender el pasado" (la conveniente frase pertenece a William Playfair, quien explicó las ideas de Hutton de manera más sencilla y comprensible). Lyell había adoptado esas ideas, que en esencia sugieren que las leyes que rigen el universo en la actualidad han actuado siempre, de modo que es posible conocer el pasado sabiendo cómo se transforma la superficie terrestre durante períodos prolongados mediante la acción de esas leyes.

En la época de Hutton, la escuela dominante en geología era el catastrofismo. Así, el relato bíblico del Diluvio, por ejemplo, era coherente con una perspectiva desde la cual la Tierra –y todos los organismos vivos– había atravesado una serie de acontecimientos catastróficos que causaron estragos. Según esa escuela, las montañas se formaron debido a elevaciones repentinas del planeta. Lyell fue el responsable de que el joven Darwin se convenciera de que la acción de procesos simples –como la erosión suave, que ha actuado durante toda la historia de la Tierra– era suficiente para explicar la mayoría de los cambios que sufrió el planeta en toda su vida. A diferencia de otros geólogos de su tiempo que adherían al catastrofismo, Lyell era gradualista.

Esos años fueron testigos del nacimiento de una clase de científicos jóvenes que no eran ricos ni tenían inclinaciones religiosas. De hecho, ellos se oponían con firmeza a lo que, según su visión, era el dominio absoluto que ejercía la religión sobre la contemplación racional de la naturaleza. Se trataba de los primeros científicos profesionales que recibían una paga por su labor; como Sedgwick y Henslow, eran profesores universitarios, pero, a diferencia de ellos, no eran clérigos y sus cursos no estaban teñidos de la doctrina de la Iglesia Anglicana.

El primero de esos científicos "modernos" que conoció Darwin fue Robert Grant, un profesor de la Universidad de Edimburgo experto en invertebrados. Grant fue quien introdujo a Darwin en la metodología del trabajo científico mediante la toma de muestras y en el estudio de invertebrados en el estuario de Forth, sobre los que el joven escribió un artículo. No fue ése el único mérito de Grant, ya que el profesor era un evolucionista convencido que admiraba a Erasmus Darwin, el autor de *Zoonomia*, y al zoólogo francés del siglo XVIII Jean-Baptiste, caballero de Lamarck. Lamarck observó las semejanzas que había dentro del reino animal e incluso propuso la existencia de vínculos entre las plantas y los animales. Según él, la vida estaba constituida por una gran "cadena de los seres" que era el resultado de un proceso evolutivo que producía formas de vida cada vez más complejas a partir de formas más sencillas.

Grant estaba convencido de que ciertas formas de vida acuática primitivas representaban el vínculo entre los reinos animal y vegetal. Pensaba que el eslabón entre los dos reinos era el filo que englobaba a los briozoos (del griego *bryon*, "musgo" y *zoon*, "animal"), que hoy son considerados formas coloniales de cierta complejidad, por lo cual es improbable que sean el eslabón propuesto por Grant. Darwin también estudió esas formas de vida marina simples durante su viaje en el *Beagle* y, de hecho, la disección de un pequeñísimo percebe fue el inicio de una odisea, que lo mantuvo ocupado durante ocho años, consistente en el estudio monográfico de los percebes de todo el mundo.

Grant se había trasladado al Colegio Universitario de Londres en la década de 1830. Darwin trató de evitarlo, pues las ideas radicales del profesor acerca de la evolución estaban vinculadas con una filosofía política que los colegas religiosos o adinerados de Darwin no aceptaban. Pero Darwin se había acercado a otros jóvenes científicos profesionales, en particular a Joseph Hooker, quien trabajaba con su padre, sir Williams, como botánico en Kew Gardens. En 1844, Darwin le comunicó a Hooker sus ideas sobre la evolución, "como si confesara un crimen". Los dos científicos intercambiaban correspondencia continuamente, y Darwin era muy respetuoso de las opiniones de su colega. Al igual que Lyell, Hooker nunca estuvo de acuerdo con Darwin en lo concerniente a la evolución. En su auto-

biografía, Darwin señala que "Lyell y Hooker se interesaban por mis teorías, pero no coincidían conmigo".

La cantidad de científicos que ganaban un salario por su actividad profesional iba en aumento. Entre ellos, el más importante, al menos para la vida de Darwin, fue Thomas Henry Huxley, que era profesor en la Facultad de Minería de Londres. Con el correr de los años, Huxley jugaría un papel fundamental, convirtiéndose en el "perro guardián" que discutía en público con todos los que atacaban con fiereza a Darwin después de la publicación de *El origen de las especies*. Darwin ya conocía a Huxley, un anatomista joven y ambicioso a quien le fascinaba discutir con la figura más renombrada entre los anatomistas de su tiempo, Richard Owen, el director de la colección de ciencias naturales del Museo Británico.

Owen se oponía rotundamente a la visión evolucionista de la vida, que era bastante aceptada en muchas instituciones médicas. Los anatomistas, sin embargo, tienden a ver las complejidades de las estructuras orgánicas como un obstáculo para aceptar que, por ejemplo, el ojo de los vertebrados haya evolucionado a partir de estructuras más simples. Owen pensaba, en cambio, que existían "arquetipos": modelos anatómicos básicos creados por Dios que albergaban permutaciones y combinaciones a partir de un plan fundamental. Huxley disfrutaba presentando las fallas de la firme defensa de Owen de la estabilidad anatómica, incluso antes de que Darwin publicara su teoría de la evolución en 1859.

Darwin no necesitaba un salario para vivir, ni como clérigo ni como miembro de la nueva clase de hombres de ciencia profesionales. Cuando decidió que se dedicaría definitivamente a las ciencias naturales –probablemente antes de embarcarse en el *Beagle*– quedó señalado su destino, pues sería un científico independiente a la manera de Charles Lyell y James Hutton. El problema sería, entonces, definir cómo llamar la atención del mundo científico establecido, un mundo que estaba en plena expansión. Darwin intentaba hacerse camino entre los científicos profesionales viviendo como un aficionado, pero ese estilo de vida era incompatible con la ciencia profesional. En el contexto actual, esa opción es inexistente, y es uno de los conflictos que Darwin debió enfrentar en un mundo que se transformaba sin pausa.

Por su parte, Alfred Russel Wallace no tuvo demasiadas oportunidades de elegir carrera. Hijo de una familia de clase media de Usk (al oeste de Londres), Wallace era catorce años menor que Darwin. Como los Wallace solían tener dificultades económicas, Alfred se dedicó al comercio, pero además tenía conocimientos de agrimensura (su hermano William se dedicaba a esa actividad) y sabía de cartografía, diseño y construcción. Su entusiasmo por la vida al aire libre lo acercó a las ciencias naturales. Después de un breve período como maestro, se unió al naturalista Henry Walter Bates, con la idea de recolectar muestras del Amazonas, que luego vendería a museos y a coleccionistas, con el objetivo de satisfacer la creciente demanda de piezas provenientes de lugares remotos existente en la década de 1840.

Inspirados en el relato del viaje en el *Beagle*, Wallace y Bates se entusiasmaron con la idea de recorrer el mundo y estudiar las maravillas de la naturaleza que había motivado a Darwin cuando tenía 20 años. Darwin había dejado entrever sus ideas evolucionistas en la segunda edición de *El viaje del "Beagle"* (1845). Wallace se había inspirado en Darwin para desarrollar sus propias ideas evolucionistas, pero, a diferencia de éste, había tenido que buscar cómo ganarse la vida. Él y Bates pagaron su viaje al Brasil de su bolsillo. En abril de 1848 desembarcaron en lo que hoy en día es Belén.

Wallace también había leído *Principios de geología*, de Charles Lyell. A pesar de las páginas del segundo volumen dedicadas a contradecir las ideas de la evolución de Lamarck, Wallace captó el mensaje de que la Tierra es muy antigua y que los procesos que lentamente dan forma a sus características –miles de años de erosión, lento hundimiento de las cuencas y orogenia gradual– bien podrían haber influido en los cambios notorios de los seres vivos, tanto animales como vegetales. Wallace era mucho menos crítico con *Vestigios de la historia natural de la Creación* de Chambers que la mayoría de los científicos profesionales de la época. Era evolucionista, y esperaba que sus excursiones lo llevaran a lugares que pusieran al descubierto los secretos de cómo había evolucionado la vida.

Durante su viaje, Darwin se embebió de los modelos del mundo natural y absorbió sutilmente los indicios clave que apuntaban a la evolución. Cuando se embarcó, en 1831, era tan creacionista como

sus contemporáneos y siguió siéndolo hasta que leyó el primer volumen de *Principios de geología* durante los primeros meses en alta mar (Darwin recibió los otros dos volúmenes durante la travesía). En unos pocos años las claves que confirmaban la evolución, que se habían grabado en su inconsciente, afloraron a la superficie en forma de ideas explícitas.

Wallace no sufrió las mismas represiones intelectuales y emocionales que Darwin. En los años 1830, conoció el pensamiento del socialista utópico Robert Owen. Al menos, Wallace no compartía el temor de Darwin de ser atacado por intentar destruir los pilares de la sociedad británica al contradecir la doctrina de la Iglesia Anglicana respecto del desarrollo de la vida y considerar al hombre como parte de ese mundo viviente en evolución. (Curiosamente, años más tarde, y para consternación de Darwin, Wallace se resistió con firmeza a aceptar que la conciencia humana –el "alma humana"– pudiera haber evolucionado por selección natural.) Wallace sacó sus conclusiones sobre la evolución más de los libros que de la naturaleza. Darwin, en cambio, construyó su teoría tomando como fuente la naturaleza.

Pero Wallace no le había escrito a Darwin para decirle que pensaba que la vida era producto de la evolución. Él ya sabía lo que pensaba Darwin; lo que quería mostrarle era el resultado de su búsqueda del mecanismo por el que operaba la evolución, la búsqueda intelectual que, junto con su necesidad de ganarse la vida, lo había llevado al trópico.

Esa carta decisiva, enviada desde Ternate, una isla que forma parte de la actual Indonesia, no se ha conservado. Su contenido –sin duda, se trataba de una nota adjunta a un manuscrito titulado "Sobre la tendencia de las variedades a separarse indefinidamente del tipo original"– se ha perdido, pero no antes de que el ensayo de Wallace fuera enviado a la imprenta.

El título del ensayo y el tópico inicial planteaban que, a diferencia de lo que ocurre con los animales domésticos, no hay una tendencia universal a la reversión al tipo original. Si se observa una bandada de palomas en cualquier gran ciudad del mundo, se aprecian individuos blancos, marrones y con el plumaje moteado de otros colores. El color predominante es el gris pálido, con la cabeza

más oscura, ojos rojos, el cuello en verdes y púrpuras iridiscentes, cola oscura, dos rayas negras en las alas y una rabadilla blanca visible cuando el ave está en vuelo. En la naturaleza, las palomas "normales" –de la especie *Columba livia* o "paloma bravía"– tienen ese aspecto. Hoy en día no es común encontrar poblaciones de palomas bravías –una especie originaria del Viejo Mundo– que no hayan sido cruzadas con individuos domésticos de su misma especie. Yo las he visto sólo en regiones remotas del valle del Nilo y quizás en zonas montañosas de España. Los colores inusuales son restos de variedades obtenidas por selección por criadores de palomas. Cuando se escapan a las calles de Nueva York o Londres, los individuos de colores raros se cruzan con otras palomas y entonces, al cabo de un tiempo, esos colores desaparecen, a menos que se escapen más individuos o que los criadores los liberen. Si no hay intervención externa, las palomas de ciudad parecen revertir al tipo original representado por las poblaciones silvestres.

Darwin empezó a dedicarse a la cría de palomas en 1855, pues quería descubrir por sí mismo las complejidades de la cría selectiva antes de escribir su gran obra sobre la selección natural. Wallace, en cambio, no se ocupó de las palomas, pero éstas son un ejemplo tan válido como cualquiera de los fenómenos que Wallace consideraba fundamentales para comprender la naturaleza –y el origen– de las especies. Wallace reconocía que una de las objeciones a la idea de la evolución era "la reversión al tipo ancestral" de las palomas de ciudad. Lo expresa así en la primera oración de su trabajo:

> Uno de los argumentos de mayor peso que se han esgrimido para probar la permanencia de los rasgos originales de las especies es que las *variedades* obtenidas en estado de domesticidad son más o menos inestables y, si se las deja por su cuenta, tienden a recuperar la forma del tipo ancestral.

Más adelante, asegura que las personas suelen aceptar que lo mismo es válido para las variedades que viven en la naturaleza, pero luego muestra las razones por las cuales los mecanismos que producen variedades en la naturaleza no permiten la "reversión al tipo ancestral".

Ese mecanismo es casi idéntico al que Darwin empezó a imaginar a fines de la década de 1830: la selección natural, teoría desarrollada y denominada así en *Sketch*, el ensayo escrito en 1842 que sólo fue publicado años después de fallecido su autor. Por caminos diferentes, Wallace y Darwin llegaron a la conclusión de que las especies no son permanentes y que las nuevas aparecen debido a un proceso que hoy conocemos como "evolución". El camino de Darwin fue el de un joven sin experiencia cuya única preparación para aprovechar las lecciones que aprendió en el *Beagle* fue estar familiarizado con el pensamiento de Robert Grant y el gradualismo geológico de Charles Lyell. Wallace, en cambio, había dejado Inglaterra convencido ya de la existencia de la evolución y dispuesto a descubrir su causa.

Sin embargo, los dos habían llegado a la selección natural básicamente del mismo modo: conocían casos de variación en plantas y animales domésticos y en la naturaleza. Aunque las razones eran desconocidas, porque la genética tal como la entendemos hoy en día no existía, ellos sabían que los organismos tienden a parecerse a sus padres. Los dos habían leído el *Ensayo sobre el principio de la población* (1798) del reverendo Thomas Malthus. Darwin se enteró de la teoría social de Malthus al regresar del viaje en el *Beagle*, en las reuniones que organizaba Erasmus en su casa de Londres. Aunque el ensayo de Malthus no era una novedad, aún tenía vigencia, e incluso sirvió de inspiración para la redacción de las leyes de asistencia pública a los necesitados. Malthus pensaba que la población humana se veía limitada por la disponibilidad de alimentos. Ayudar a los pobres, incluso durante períodos de escasez, era contraproducente, porque con el tiempo conducía al crecimiento poblacional. Estas ideas hoy nos resultan sorprendentes, pero en ese entonces gozaban de mucha aceptación, en especial entre los reformistas sociales "liberales" de la época, como Harriet Martineau, una amiga de Ras que solía acudir a las reuniones a las que también asistía Charles.

En su autobiografía, Darwin recuerda:

> En octubre de 1838, es decir, quince meses después de iniciada mi investigación sistemática [quince meses después de iniciar su

> primer cuaderno de notas sobre la transmutación de las especies], leí por placer el ensayo de Malthus sobre la población, y estando yo preparado para apreciar la lucha por la existencia que se manifiesta en todas partes pues había observado los hábitos de plantas y animales durante un período prolongado, se me ocurrió que en esas circunstancias las variaciones favorables tenderían a preservarse y las desfavorables tenderían a desaparecer. Como consecuencia, aparecería una especie nueva. Había encontrado el núcleo de mi teoría, pero estaba tan preocupado por las posibles reacciones de los prejuiciosos, que decidí no escribir ni siquiera un párrafo al respecto, al menos por un tiempo.

Darwin comenta que advirtió "de inmediato" que el principio de Malthus, que en un primer momento utilizó en su análisis de la situación de los seres humanos, podía aplicarse a todas las especies vegetales y animales del mundo. No aclara si la idea se le ocurrió al leer el ensayo o un tiempo después, pero sabemos que el momento no fue anterior a su regreso a Inglaterra. Con respecto a dónde, puede haber sido bien en su casa de la calle Gower de Londres o en una de las casas "seguras" de familiares o amigos, las únicas personas que visitó durante el resto de su vida. Suele decirse que Wallace concibió la idea de la relación entre Malthus y el mundo natural durante un acceso de fiebre debida a la malaria, lejos de su país y en un ambiente bastante inseguro.

A pesar de las diferencias, la intuición creativa puesta en evidencia al relacionar un planteo teórico con datos de la naturaleza y el ámbito doméstico de la cría de plantas y animales era exactamente la misma en Darwin y en Wallace. Sus conocimientos en ese campo podían variar en los detalles, pero en general se parecían. La tendencia de revertir al tipo silvestre –observada en palomas bravías– es la misma en cualquier cría doméstica. También podríamos haber mencionado a los perros o a los gatos, para el caso. Cuando utilizo la palabra "patrón" para fenómenos naturales me refiero a la generalización de ciertos fenómenos, a que se llega a la misma conclusión independientemente de las características y de la especie que se analice. Darwin y Wallace observaron regularidad en la variación y en la herencia en la naturaleza y en el cultivo de plantas y la cría de

animales domésticos. Los dos asociaron esos patrones regulares con una noción de "lucha por la existencia", la cual ocurre necesariamente debido a que la disponibilidad de alimentos (el factor limitante preferido de Wallace) condiciona la cantidad de individuos que pueden sobrevivir y prosperar en cada generación, favoreciendo a los que tienen mayor probabilidad de dejar descendencia.

Con el correr del tiempo, Darwin no estuvo tan convencido de que la selección natural –el núcleo de la teoría de la evolución– fuera más importante que las pruebas a favor del hecho incontestable de que la vida había evolucionado. En 1858, Darwin y Wallace hacía tiempo que habían llegado a la conclusión de que la evolución no era en sí una idea demasiado sorprendente ni original, por más preocupado y temeroso que estuviera Darwin de anunciarla públicamente. Los dos pensaban –y probablemente estuviesen en lo cierto– que comprender *cómo* evoluciona la vida era fundamental para dar sustento a la idea de que la evolución era una realidad; de ahí la enorme importancia que daba Darwin a la selección natural. En su autobiografía afirma: "Siempre me llamaron la atención esas adaptaciones, y hasta no encontrarles una explicación pensé que era inútil probar que las especies se habían modificado por medio de evidencia indirecta". Sin embargo, en 1863, sólo cuatro años después de publicar su "resumen", *El origen de las especies*, Darwin le envió al botánico de Harvard Asa Gray, uno de los primeros científicos que lo respaldaron en los Estados Unidos, una carta en que decía: "En lo personal, me interesa sobremanera la Selección Natural, pero su importancia es mínima comparada con el tema de *la Creación o la Modificación*".[1]

Entonces, Darwin veía la diferencia. Y si pudiera argumentarse con razón (como suele ocurrir) que él logró convencer al mundo de la realidad elemental de la evolución, al menos en parte porque había encontrado el mecanismo que la rige, el filósofo David Hull acierta al señalar que, al menos en el ámbito científico, aunque la noción de evolución recibió una aceptación casi total a poco de la publicación de *El origen de las especies*, la selección natural fue muy discu-

1 Las frases en cursivas aparecen así en el texto original, a menos que se indique lo contrario.

tida. Lo que finalmente convenció al mundo de que la vida era producto de la evolución fueron los patrones observados en la naturaleza, la secuencia del registro fósil y las características de la variación geográfica de las especies de animales y plantas, la "evidencia indirecta" que Darwin había reconocido casi veinticinco años antes.

El genio científico de Darwin radica en cómo dedujo el hecho de la evolución, cómo se convenció de que las especies no son inmutables sino que unas dan origen a otras, y todo ello mucho antes de descubrir el mecanismo de la selección natural.[2] Entre 1838 y 1842-1844, la curiosa y creativa interacción de los dos elementos –la evolución como hecho y la selección natural como mecanismo– en la mente de Darwin nos permite tener una visión de la creatividad científica e incluso de la relación entre la parte inconsciente y el proceso analítico del desarrollo de las ideas. Los cuadernos, los manuscritos inéditos, las cartas y los trabajos publicados de Darwin –principalmente *El origen de las especies*, pero también *El origen del hombre*– despliegan ante nuestra mirada la creatividad en acción.

Con "el núcleo de mi teoría", Darwin se refería nada menos que a considerar la selección natural e intentar deducir, a modo de "predicciones", las consecuencias esperadas a lo largo de períodos prolongados. Partiendo de la selección natural, Darwin quiso llegar a conocer los patrones básicos que había observado en la naturaleza, incluyendo los tres que lo habían llevado a pensar en la evolución en un principio. Pero primero tenía que dar con esos patrones y llevarlos al plano consciente.

Cuando Darwin se embarcó en el *Beagle*, aún no había abandonado del todo el creacionismo y sentía afinidad con las razones esgrimidas por el reverendo William Paley, un profesor de Cambridge, en el sentido de que Dios era responsable de la aparición de especies nuevas. Mediante una metáfora que siguen utilizando los defensores del "diseño inteligente", Paley escribe en su *Teología natural* (1802) que encontrar por casualidad un reloj en el suelo de inmediato haría pensar al que lo encontrase que ese reloj tiene un dueño al que se le cayó y un fabricante. Las complejidades de producción

2 El psicólogo Howard Gruber ha analizado la creatividad de Darwin utilizando como fuente sus cuadernos de notas y sus manuscritos (Gruber, 1974).

son tales que el reloj debe haber sido concebido y realizado por un diseñador inteligente, en este caso un especialista en relojería. En la naturaleza, continúa diciendo Paley, ocurre lo mismo: las complejidades del organismo de los animales se justifican si se considera que la concepción y la creación no pueden atribuirse sólo a los progenitores sino también al Creador. Sólo Dios es capaz de crear un árbol. Siendo estudiante en Cambridge, Darwin estaba plenamente de acuerdo con la teoría de Paley, que lo había cautivado.

Pero, claro está, Darwin también era ambicioso y estaba decidido a "ocupar un lugar destacado" entre la clase emergente de hombres de ciencia. Consciente de que la geología era un terreno propicio para lograr su objetivo, se concentró en intentar convertir un ámbito desconocido en un libro abierto donde la historia geológica pudiera interpretarse y analizarse mediante la observación y la deducción.

Así de inteligente era Darwin. Durante el viaje, pasó todo el tiempo que pudo en tierra, pues estaba interesado en conocer las culturas locales, pero principalmente quería analizar los estratos geológicos y recoger rocas, minerales y fósiles y estudiar la flora y la fauna de América del Sur. Y no menos importante es que quería permanecer en tierra para evitar los mareos continuos que padecía en el reducido espacio a bordo.

Tenemos entonces a un hombre joven, todavía muy influenciable (Darwin tenía sólo 22 años cuando se embarcó), con conocimientos de ciencias naturales y que, a pesar de su admiración por Paley y su *Teología natural*, estaba abierto a escuchar otros puntos de vista y a acercarse a otras disciplinas. En algo Darwin era muy distinto de la mayoría de los científicos de su época –y de la nuestra–. Él pensaba que, por más fascinantes que fuesen las particularidades del comportamiento reproductivo de las prímulas, la extraña anatomía de los fósiles de mamíferos gigantes sudamericanos o el patrón de variación de los sinsontes de las Galápagos, la verdadera recompensa intelectual obtenida tras una investigación que tanto esfuerzo requirió residía en lo que esos "datos" le revelaban acerca de la naturaleza del mundo en general. A Darwin le entusiasmaban tanto la meticulosa recopilación de datos como la experimentación directa (que realizaría más adelante, en Down), pero lo que más

disfrutaba era lo que esos datos le revelaban acerca de las *generalidades* de la naturaleza.

Darwin sabía que él tenía esa característica, al menos cuando fueron pasando los años y se dedicó a reflexionar sobre su vida. En la autobiografía comenta que se veía a sí mismo "trabajando sobre verdaderos principios baconianos y, sin ninguna teoría, empecé a recopilar una enorme cantidad de datos"; tanto es así que "mi mente parece haberse convertido en una especie de máquina que elabora leyes generales a partir de grandes cantidades de datos". Cuando Darwin entró en escena, el método inductivo baconiano todavía era la forma en que se hacía ciencia: no había una idea previa ni una anticipación de resultados; en cambio, el científico acudía a la naturaleza y respetaba el versículo bíblico: "Habla a la tierra y ella te enseñará".

En la época de Darwin, el método inductivo ya empezaba a perder terreno, en especial para la nueva clase de jóvenes científicos profesionales. En la autobiografía, Darwin muestra un pensamiento muy revelador: "Me he esforzado al máximo para quitar de mi mente las hipótesis, por más caras que fueran para mí (y no puedo resistirme a formular una para cada tópico), tan pronto como los datos las contradecían". Darwin, como cualquier científico moderno, quería ser el primero en darse cuenta de si alguna idea suya era inadecuada, pues es mucho mejor descubrir uno mismo los propios errores y no que otro los vea primero.

En la actualidad, la comunidad científica coincide con este pensamiento, escrito en 1969 por el biólogo Peter Medawar: "la observación inocente y objetiva es un mito". Hoy se considera que los principios baconianos pecan de una inocencia extraordinaria. En el centro del proceso científico se ubica el método "hipotético deductivo". No cabe duda de que los científicos siempre tienen una hipótesis en mente (o quizá más de una hipótesis alternativa). Luego plantean predicciones acerca de la naturaleza del mundo: lo que *debería* observarse si la hipótesis fuera verdadera. Pero, por extraño que parezca, el hecho de que las predicciones sean verdaderas no implica automáticamente que la hipótesis también sea verdadera. Si no se observan las predicciones deducidas de la hipótesis –si, de hecho, la evidencia es incompatible con las predicciones–, la hipó-

tesis es falsa (a menos que haya habido un error en la deducción de las predicciones a partir de la hipótesis, algo que, en mi opinión, es lo que ocurrió en una sección en particular de la teoría de Darwin). Una teoría puede ser falsada, pero es imposible verificarla. Lo máximo que puede lograrse es elaborar cada vez más predicciones y que sean confirmadas una y otra vez. Luego ocurre que la proposición ha sido confirmada tantas veces que, como diría Darwin, se convierte en dato aunque, en principio, siga siendo falsable.

Pensemos en la proposición "la Tierra es redonda" (aunque, en realidad, sea un esferoide achatado). Los griegos lo sabían por la sencilla razón de que el extremo del mástil es lo primero que se ve cuando un barco se aproxima al puerto. Pero la idea de que la Tierra es redonda era difícil de aceptar cuando Colón zarpó en dirección al oeste en su búsqueda de una ruta alternativa a las Indias. Como ni Colón ni otros exploradores que lo sucedieron se cayeron del borde del planeta, la forma esférica de la Tierra se tornó indiscutible. Y a pesar de la insistencia de algunos defensores de la idea de que la Tierra es plana (que aseguran que las fotos tomadas desde la Luna son falsas), hay muchas fotos tomadas desde las capas superiores de la atmósfera e incluso desde la Luna que confirman, ante la vista de todos, que nuestro planeta es, sin dudas, una esfera.

Existe entonces todo un espectro de hipótesis que van desde las meras especulaciones, muchas de ellas tan descabelladas que se refutan con gran facilidad, hasta las conjeturas razonables, ideas que han superado múltiples pruebas y se han corroborado sistemáticamente y cuyas predicciones nunca se han refutado. Una de esas hipótesis es que la Tierra es redonda. Lo mismo ocurre con la evolución, y quien señaló el camino fue Darwin.

En *El triunfo de Darwin*, cuya versión original fue publicada en 1969, el biólogo Michael Ghiselin analiza, sin ocultar su admiración, los métodos utilizados por Darwin en su labor científica. Ghiselin asegura que Darwin fue uno de los primeros en utilizar de manera consciente lo que hoy conocemos como método hipotético deductivo y concuerda con los historiadores y los biólogos que sugieren que, a pesar de lo que Darwin haya dicho respecto de sus métodos, él no se guiaba por el método inductivo ni acataba incondicionalmente los principios baconianos. Por cierto, Medawar no se equi-

voca cuando asegura que para nosotros es imposible hacer observaciones sin ordenar la información de alguna u otra manera y que es probable que ese orden provenga de vías de pensamiento preexistentes.

Ahora bien, sería injusto asociar los resultados obtenidos por Darwin sólo con su inclinación por el método hipotético deductivo de la ciencia moderna. Por más virtudes que tenga el modelo, la fuente de las hipótesis es totalmente irrelevante. Está muy bien poner a prueba las hipótesis ya planteadas por uno o, lo que es más común, por los demás. El método hipotético deductivo –la receta para una observación y una experimentación minuciosas y el requisito de toda ciencia que se precie de tal– es, de hecho, bastante insulso. Es el material del que está hecha la rutina de la ciencia, dicho esto sin ánimo de quitarle ningún mérito, pero no es la fuente de donde emanan las grandes ideas. Y aunque algunos científicos piensen que es el centro de la ciencia y su característica distintiva, en realidad es sólo una manifestación del sentido común aplicado con rigor al mundo material. Sería como comprar un auto: uno pone a prueba la "hipótesis" de que conviene comprar cierto auto conduciéndolo, comparando sus características con lo que uno piensa que debe tener un auto y, si éste es usado, verificando el estado de los neumáticos.

Más allá del método, lo que es de verdad interesante es de dónde vienen las ideas, en especial las grandes ideas, y no sólo en ciencia sino en cualquier rama de la cultura.

Entre los autores que he leído, Darwin quizá sea el que mejor ha conocido su propia mente. Es evidente que, inocente o no (aunque en cuanto a biología se refiere, era inocente en el momento de zarpar con el *Beagle*), supo, al menos cuando hizo un repaso de su vida, cómo se había tropezado con la evolución. Casi sin darse cuenta, fue incorporando datos y patrones de la naturaleza que, con el tiempo, salieron a la superficie con la forma de ideas conscientes que apuntaban a una gran generalización o "ley": la evolución. Cuando advirtió cuáles eran esos patrones, decidió buscar otros. Y luego, cuando se convenció de la existencia de la evolución, se preguntó: ¿cuáles serían las observaciones esperadas de ser cierto que la vida es producto de la evolución? Y en especial después de haber considerado la selección natural a fines de la década de 1830, dio un paso

más y se propuso deducir los patrones de la evolución –su "evidencia indirecta"– a partir de la selección natural.

Darwin es la personificación de lo que considero un rasgo típico de los genios científicos: los datos convergentes llegan a la mente y ésta produce un interrogante y una respuesta al mismo tiempo. La respuesta permite ver los datos iniciales de la naturaleza como "observaciones esperadas" (así las denominaba Darwin). ¿Cuáles fueron los patrones que llegaron a la mente de Darwin durante el viaje en el *Beagle*? (por ahora, mi curiosidad apunta a cuándo y dónde su mente cristalizó la evolución como una idea consciente). Darwin da las respuestas en cuatro pasajes fundamentales. El primero aparece citado en la "Introducción" de Francis Darwin a *The foundations of the origin of species*, una valiosísima edición anotada de *Sketch*, escrito en 1842, y *Essay*, escrito en 1844 y publicado en 1909 para el centenario del nacimiento de su padre.

> [E]n el libro de bolsillo fechado en 1837, él [Charles Darwin] señala que "en julio, inauguré mi primer cuaderno de notas sobre 'la transmutación de las especies'. Desde el mes de marzo he observado fósiles sudamericanos y especies de las islas Galápagos. La fuente (en especial las especies del archipiélago) de todas mis ideas".

El segundo pasaje precede a la oración en la que Darwin asegura sentirse como si "confesara un crimen", escrita en la carta dirigida a Joseph Hooker y fechada el 11 de enero de 1844:

> Además de tener un interés general por las tierras del sur, desde mi regreso a casa me he dedicado a una tarea muy presuntuosa, y no conozco a nadie que no crea que es bastante tonta. Me impresionó tanto la distribución de los diversos organismos de las Galápagos y el carácter de los fósiles de mamíferos y demás seres americanos que decidí recolectar indiscriminadamente todo tipo de muestras que me permitieran definir qué son las especies. He leído innumerables libros de agricultura y horticultura y siempre he recopilado datos. Finalmente, veo la luz y estoy casi convencido (y en esto he cambiado de opinión) de que las especies no son (y siento aquí como si confesara un crimen) inmutables.

El tercer pasaje aparece, convenientemente, al principio de *El origen de las especies*:

> Cuando iba como naturalista a bordo del *Beagle*, buque de la armada real, me sorprendieron mucho ciertos hechos de la distribución de los seres orgánicos que habitaban en América del Sur y las relaciones geológicas entre los habitantes actuales y los pasados de aquel continente. Estos hechos, como se verá en los últimos capítulos de este volumen, parecían arrojar alguna luz sobre el origen de las especies, ese misterio de los misterios, como lo ha llamado uno de nuestros filósofos más grandes.*

Por último, en la autobiografía (p. 52 de la versión en inglés), Darwin es más específico cuando divide los datos en tres grupos:

> Durante el viaje en el *Beagle*, me llamaron la atención en la región pampeana, primero, los grandes fósiles de animales cubiertos con una armadura como los armadillos actuales; en segundo lugar, el modo en que animales íntimamente relacionados van sustituyéndose a medida que se avanza al sur del continente; y tercero, el carácter sudamericano de la mayor parte de las producciones del archipiélago de las Galápagos, en especial, por las ligeras diferencias observadas en las islas del grupo, de las cuales ninguna parece tener una antigüedad geológica considerable.

Darwin no estaba buscando esas características deliberadamente, algo que sabemos porque él mismo afirma haberlas descubierto por casualidad mientras ingería –literalmente– los especímenes representativos de esas tres características. Si bien, en efecto, comió armadillos y así tuvo la oportunidad de comparar su anatomía con la del gliptodonte, un mamífero gigante del orden de los edentados (igual que los armadillos; de ahí que Darwin utilice el término "relacionados", que sugiere la idea de la evolución), sus comparaciones fueron, sin duda, deliberadas. Le llamó la atención, como él mismo

* La cita corresponde a la edición en español: Charles Darwin, *El origen de las especies*, trad. de A. Froufe, Madrid, Edaf, 1982, p. 55.

afirma, que una forma extinguida gigante, que de ninguna manera es un antepasado directo de los armadillos pero responde al mismo molde, haya vivido en las rocas terciarias del sur de la Argentina. ¿Por qué razón un Creador habría producido formas modernas similares a algunas especies extinguidas y las habría confinado a América del Sur solamente? (Los armadillos también habitan en América del Norte, pero él no lo sabía.)

Darwin estaba comiéndose la evidencia de su segundo grupo de características cuando advirtió –con cierto retraso– lo que ocurría. Algunos estancieros y gauchos que Darwin había conocido le hablaron de un segundo ñandú (al que él se refiere como "avestruz" sudamericano) más pequeño y con unos colores y un comportamiento diferentes del ñandú común de las pampas. Un día, se encontraba Darwin a bordo del *Beagle* comiendo ñandú junto a los oficiales, cuando de pronto se dio cuenta de que la cena no estaba compuesta de ejemplares pequeños del ñandú de las pampas, sino que las aves eran muestras de la otra especie que había estado buscando pero no había encontrado hasta el momento. Sólo rescató la cabeza, el cuello, un ala, las patas y algunas plumas de la especie, que sería bautizada *Rhea darwinii*, y los envió a Inglaterra. (Muchas de las especies nombradas en honor a Darwin fueron recolectadas por él durante el viaje en el *Beagle*, pero dio la casualidad de que algunos ejemplares de *Rhea darwinii* ya habían sido recogidos y clasificados por un explorador, coleccionista y naturalista francés, Alcide d'Orbigny. Un ejemplo de la naturaleza competitiva de Darwin es la aflicción que le causó saber que d'Orbigny había pasado por muchos de los lugares que él también visitó y que podría haber descubierto todos los animales, plantas y fósiles importantes antes que él. En el caso del ñandú de Darwin, su paranoia fue plenamente justificada.)

No hay motivos para pensar que Darwin haya hecho otra cosa con los restos del ñandú, a medida que rescataba lo que quedaba en la mesa, sino confirmar la existencia de una especie diferente, de la que había oído rumores. No podemos afirmar en qué momento comprendió que había un patrón general de sustitución de especies "muy afines" (los dos ñandúes coexisten en algunas zonas de América del Sur). Pero el interrogante es, una vez más, el si-



Darwin creía que las tortugas de las Galápagos habían sido llevadas a las islas por navegantes que pensaban utilizarlas como alimento en el futuro. Se alimentó de ellas, pero más tarde advirtió que lo que el gobernador español le había manifestado podía ser verdad, que con sólo mirarlas era posible darse cuenta de dónde habían venido. Se alegró cuando descubrió que las tortugas eran nativas de las Galápagos.

guiente: ¿Por qué Dios decidiría reemplazar una especie que no tiene nada de malo con otra especie similar, en distintas regiones de América del Sur?

La mesa de la cena en el *Beagle* hizo pensar a Darwin en su tercer grupo de características y a concluir que las especies no pueden ser inmutables. Según se dice, el gobernador de las Galápagos le comentó a Darwin que había variedades –o especies– diferentes de tortugas marinas en las distintas islas. Con la tripulación, Darwin había capturado e ingerido tortugas (se llevó una pequeña a Inglaterra), siguiendo una vieja tradición marinera. (Se cree que el alca grande del Atlántico Norte se extinguió por completo hacia 1850 debido a la caza excesiva por parte de los marineros.) Los caparazones, con marcadas diferencias según las islas de donde habían sido capturadas las tortugas, eran arrojados por la borda como se arrojaba cualquier otro residuo de comida. Darwin supuso que la opinión dominante era correcta: que los marineros habían importado esas tortugas de otras regiones del Pacífico para tener de qué alimentarse en futuros viajes. Aparentemente, no se detuvo a pensar en la importancia de la variación de las tortugas entre las distintas islas sino hasta haber dejado atrás las Galápagos.

Darwin también pasó por alto los patrones de variación de las trece especies que forman lo que hoy se denominan los "pinzones de Darwin", unos pájaros de las Galápagos que suelen ser difíciles de identificar. Al estudiar sus picos principalmente, pensó que las aves pertenecían a grupos distintos; en otras palabras, que no formaban un conjunto de especies afines. No tomó nota de las islas de donde había recogido los individuos. Tiempo después, John Gould estudió todos los ejemplares y le comentó a Darwin que todos los individuos pertenecían al mismo grupo. En ese momento, Darwin advirtió que, al igual que con las tortugas, había perdido una valiosa oportunidad de registrar la variación dentro de cada isla y entre islas distintas del archipiélago de las Galápagos.

Sin embargo, no dejó pasar la oportunidad de analizar los sinsontes de las islas. Notó que había sinsontes diferentes en las distintas islas, aunque no sabía si eran todas variedades de una misma especie o si se trataba de más de una especie. (Como veremos, la dificultad de distinguir entre variedades y especies cuando se comparan

formas similares que habitan regiones adyacentes es, como diría Darwin, esperable si hay evolución.)

Mucho después de abandonar las Galápagos, Darwin escribió en un cuaderno titulado "Notas ornitológicas" lo que serían los primeros indicios de que se estaba acercando a su idea de la evolución. Si bien el siguiente párrafo aparece en una sección dedicada a los sinsontes (a los que en sus notas él nombra como tencas), también hay referencias a las tortugas:

> Estos pájaros son afines a la tenca chilena [...]. He recogido especímenes de cuatro de las islas principales [...]. Los individuos de las islas de San Cristóbal e Isabela parecen iguales, pero los otros dos son diferentes. En cada isla se encuentra sólo un tipo y las costumbres son indistinguibles. Cuando yo recolectaba ejemplares, los españoles sabían de qué isla provenía cada tortuga por la forma y el tamaño del cuerpo y por las escamas. Si comparo las islas partiendo de los pocos ejemplares de animales que poseo en mi colección y de las aves que las pueblan, y viendo las pequeñas diferencias en cuanto a estructura y el lugar que ocupan en la naturaleza, no puedo sino sospechar que nos encontramos sólo ante variedades. El único caso similar del que tengo conocimiento es la diferencia constante/registrada entre el zorro-lobo de las dos grandes islas del archipiélago de las Malvinas. De existir el más mínimo fundamento que explique estos comentarios sobre la zoología de los archipiélagos, habrá que estudiarlo, pues podría dar por tierra con la noción de la estabilidad de las especies (Galápagos, MS 73).

Nora Barlow, quien publicó esas notas en 1963, cree que fueron escritas en septiembre u octubre de 1835, casi un año antes del regreso del *Beagle*. En la actualidad se piensa que las notas son del verano de 1836, cuando el barco se dirigía de vuelta a Inglaterra. Sea como fuere, está claro que Darwin ya tenía la evolución en mente estando a bordo del *Beagle*. Estaba a punto de comprender plenamente lo que podían significar esas observaciones casuales en apariencia, además de conformar un conjunto de datos novedosos y emocionantes que podrían dar un empujón a la futura carrera del

joven científico. ¿Por qué querría Dios poner distintos tipos de sinsontes y tortugas (y, como descubriría Darwin mucho después, plantas muy diferentes) en las varias islas de las Galápagos y en otros archipiélagos también?

Ése es el truco de la creatividad: organizar las observaciones a nivel inconsciente y luego dejar que alcancen el nivel consciente, ordenarlas y escribirlas. He aquí la parte creativa. Cuando llegó a formular conscientemente la naturaleza de los tres tipos de patrones –fósiles, distribución geográfica en grandes áreas y variación entre islas– en distintos contextos, en los que formas similares aunque con ligeras diferencias sustituyen a otras, Darwin se preguntó la razón de que eso ocurriera. ¿Por qué Dios querría hacer eso? ¿No había una explicación natural más sencilla?

Primero, Darwin intuyó esos tres patrones que luego notó conscientemente y describió de manera general. "El reemplazo sucesivo de especies muy afines observado al recorrer el continente de norte a sur", por ejemplo, es una afirmación que en un primer momento se basó en un único ejemplo, el de los dos ñandúes (al menos, así aparece en sus notas y luego en los Cuadernos de la Transmutación). Cuando llegó a Inglaterra, Darwin empezó a leer a otros autores y recopiló gran cantidad de ejemplos similares tomados de todo el mundo. ¡*No obstante, él había notado el patrón de distribución geográfica de reemplazo sucesivo de especies a partir de un único ejemplo*!

En cuanto a los fósiles, Darwin conocía unos cuantos ejemplos; por caso, el del perezoso gigante terrestre, que es un antecesor (indirecto) de las dos especies de perezosos sudamericanos actuales. También pensaba (una idea que resultó ser errónea) que el enorme cráneo del mamífero *Toxodon* pertenecía a una especie extinguida relacionada con la capibara de América del Sur, el roedor viviente de mayor tamaño. Richard Owen indujo a Darwin a creer erróneamente que la *Macrauchenia* fósil era un antecesor de la llama, un camélido sudamericano. En resumen: cuatro ejemplos, de los cuales sólo dos son válidos. Respecto de las Galápagos, Darwin sólo tenía datos de los sinsontes y quizá de las tortugas, pero no de los pinzones, y la evidencia de las plantas llegaría mucho después de su regreso a Inglaterra.

No obstante, esos pocos ejemplos le alcanzaron para vislumbrar la existencia de patrones que se repetían con regularidad a lo largo de toda la historia geológica de la vida y en toda la superficie del planeta. Darwin siguió recopilando tantas evidencias que casi no hace mención de sus primeras observaciones en sus escritos definitivos, ni siquiera en *El origen de las especies*. Sin embargo, las reconoce como tales en el gran salto intuitivo dado por un hombre muy joven e influenciable que, cuando se topó cara a cara con la evidencia que le presentó la naturaleza, siguió el método de inducción baconiana en lugar del meticuloso proceso hipotético deductivo que adoptaría más adelante. Darwin "dejó que la naturaleza llegara hasta él" siendo un joven inmaduro, como lo ha calificado mi colega Joel Cracraft. Sólo después de descubrir la verdad de la evolución gracias a la intuición y a la inducción, Darwin comenzó a poner a prueba sus hipótesis, empezando por la de la evolución por medio de la selección natural.

Cuando el visitante llega a Down House y da un paseo por el apacible sendero de Sandwalk, siente la presencia de Darwin caminando por allí, pensando en las prímulas, en las semillas que esperaba recibir por correo o en las razones que hacían que en el terreno vecino crecieran tantas especies de plantas distintas. (Con ayuda de una de sus criadas, realizó uno de los primeros estudios de biodiversidad de que se tenga noticia.) Darwin no perdió su intuición con el paso de los años: las ideas avanzaban por una mente preparada, unas ideas novedosas que él tenía la insólita capacidad de llevar a la superficie para analizarlas con rigor y exactitud. Así y todo, esas ideas aparecían como nociones intuitivas.

La diferencia entre el naturalista inexperto de la juventud y el científico reconocido de la edad madura respondía sólo a una cuestión de grado, no de clase. En el *Beagle*, cuando Darwin se dedicó a recopilar metódicamente sus datos, por fortuna predominaban en él la intuición y la espontaneidad. Con el transcurso del tiempo, se inclinó por el razonamiento, la predicción y la experimentación, tratando siempre de verificar los datos. No obstante, nunca se apartó de lo que siempre fue su objetivo: descubrir las "leyes" fundamentales por las que se rige la naturaleza.

El resultado: la evolución, la idea de que desde tiempos inmemoriales la vida en la Tierra desciende de un antecesor común. Se trata de una conclusión tan decisiva que figura entre las grandes ideas de la historia de Occidente.

Al dar un paseo por el Sandwalk se siente también la angustia de Darwin, las causas del miedo a que lo atacaran por contradecir los principios de la religión, un pilar fundamental de la sociedad inglesa. Es que en los cuadernos está claro que la única hipótesis opuesta –opuesta a la noción de la evolución de los organismos debido a causas naturales– en la que Darwin pensaba era la historia de la Creación revelada por la doctrina cristiana. Una y otra vez, se hace la pregunta de por qué Dios crearía tantos escarabajos, por qué pondría tantas plantas y animales diferentes en islas vecinas y por qué reemplazaría formas fósiles con otras formas muy semejantes a las extinguidas que no se encuentran en ningún otro lugar. Darwin empezó a cuestionar la doctrina religiosa, algo que sólo compartió con su círculo más íntimo, formado en su mayoría por científicos.

Entonces apareció Alfred Russel Wallace –quien evidentemente no tenía ningún reparo en dar a conocer sus ideas– a punto de arrebatarle los laureles. Darwin recapacitó y envió el manuscrito de Wallace, junto con una carta, a su amigo Charles Lyell. La transcripción de esa carta figura a continuación:

> Down, 18 [junio de 1858]
> Estimado Lyell:
>
> Hace aproximadamente un año, me recomendó usted que leyera un artículo escrito por Wallace, publicado en los *Anales*, que le había parecido interesante, y eso le comenté a él, pues sabía que lo apreciaría. Hoy Wallace me envió el trabajo que adjunto[3] y me solicitó que se lo reenviara a usted. En mi opinión, vale la pena leerlo. Sus palabras –que alguien se me adelantaría– resultaron proféticas. Eso me dijo usted cuando le expuse brevemente mi teoría de la evolución modelada por la selección natural y su relación con la lucha por la existencia. Nunca había visto yo

3 Los historiadores no coinciden en la fecha en que Darwin recibió la carta de Wallace.

tamaña coincidencia: si Wallace hubiese leído mi manuscrito de 1842 no podría haber preparado un mejor resumen. Incluso los términos que él utiliza encabezan mis capítulos. Por favor, envíeme el manuscrito cuando lo haya leído, pues aunque Wallace no me solicita que lo publique, le ofreceré enviarlo a alguna revista. Toda mi originalidad, si es que mi teoría la tiene, quedará en la nada, pero mi libro, de tener algún valor, no podrán arruinarlo, pues el trabajo consiste en la aplicación de la teoría. Espero que apruebe usted el ensayo de Wallace, y ya le diré yo a él cuál ha sido su opinión.

Mi estimado Lyell, reciba mis cordiales saludos,

C. Darwin

Charles Lyell y Joseph Hooker sugirieron enviar el manuscrito de Wallace junto con extractos del ensayo de 1844 de Darwin y de una carta (de octubre de 1857) que éste le había enviado a Asa Gray, de la Sociedad Linneo. Hooker y Lyell incluyeron la presentación del trabajo de Wallace y Darwin entre los acontecimientos destacados de la Sociedad. La lectura del trabajo tuvo lugar en la asamblea del 1 de julio de 1858. Como era de esperar, Darwin no asistió y Wallace estaba de viaje. La presentación conjunta le aseguró a Darwin el reconocimiento incuestionable de su primacía. Wallace no pudo quejarse de cómo se desarrollaron los acontecimientos; después de todo, aunque compartió la autoría del artículo, éste se publicó de inmediato, el 20 de agosto de 1858, en una revista científica de prestigio, bastante más de lo que habría podido esperar de haber sido otras las circunstancias.

A la hora de hacer el balance del año, el presidente de la Sociedad Linneo aseguró que no había habido ninguna novedad. Evidentemente, estaba equivocado.

3

La evolución de Darwin: temas, contexto, el Cuaderno Rojo y los Cuadernos de la Transmutación

¿Qué es la evolución? Aunque en *El origen de las especies* Darwin utiliza el término "evolucionar" en uno o dos pasajes solamente, más tarde empieza a usar la palabra "evolución" con el sentido de "transmutación" o de la frase más meliflua, aunque verbosa, "descendencia con modificación". Básicamente, la evolución es el destino de la información que se transmite a los descendientes a lo largo del tiempo. Darwin puede no haber sabido nada de genética moderna –la química y la estructura del ADN, el ARN, las diversas partes de los cromosomas o la noción de "gen"–, pero sabía que los organismos se parecen a sus progenitores, que la variación en el aspecto de los individuos de cada especie es heredable y que en cada generación se producen más organismos de los que pueden sobrevivir y reproducirse. Esos conocimientos fueron suficientes para que él (y Wallace, claro está) elaborara la teoría de la selección natural, un mecanismo biológico que controla la transmisión de toda la información entre generaciones sucesivas.

Definir la evolución en términos del destino de la información que se transmite a los descendientes invita a pensar en sistemas no biológicos. Los humanos, por ejemplo, aprenden mediante la transmisión de normas culturales entre individuos de la misma generación y de generaciones sucesivas de modo claramente "evolutivo". Asimismo, sirve para decidir el valor de la afirmación del reverendo William Paley de que en la naturaleza todo lo complejo ha sido creado por un diseñador sobrenatural.

Nos ocuparemos de los problemas de la creación por diseño en el último capítulo, pues tienen relación con las profundas contro-

versias enmarcadas dentro del creacionismo que giran en torno a temas tales como la complejidad y el (aparente) "diseño inteligente". Los interrogantes que se presentan sólo por definir la evolución como el "destino de la información que se transmite dentro de un sistema", en particular en los sistemas biológicos, son cruciales, pues proporcionan el marco conceptual que permite comprender cómo se le ocurrieron a Darwin sus ideas, qué hizo con ellas (las modificaciones que les incorporó) en los más de veinte años que transcurrieron hasta que tomó el coraje necesario para publicarlas en *El origen de las especies* y cómo interpretamos los vericuetos de la historia del evolucionismo desde la época de Darwin, considerando en especial la comprensión del impacto inicial de las dos "revoluciones genéticas" posteriores a Darwin. Pensar en la evolución como la estabilidad y el cambio en la información a través del tiempo y el espacio nos permite preparar una guía para comprender el desarrollo del pensamiento evolucionista anterior a Darwin hasta nuestros días.

Información y evolución

¿Qué queremos decir aquí con "información"? Es el conjunto de instrucciones para la producción y la ubicación de componentes del cuerpo humano o de una herramienta fabricada por el hombre, como una computadora. De esta breve definición surgen las siguientes preguntas: ¿quién porta la información?, ¿cómo se transmite?, ¿cómo se agrupa y se transforma en objetos nuevos, sean éstos bebés humanos o computadoras? Darwin pensaba que la solución a su búsqueda de un mecanismo por el cual se llevara a cabo la evolución –una búsqueda a la que se abocó con ahínco a poco de regresar a Inglaterra a fines de 1836– estaba en la herencia, un proceso del que se sabía muy poco. Dicho de otra manera, la evolución podía considerarse como un cambio en la información hereditaria. Y aunque las ideas de Darwin acerca de cómo opera el proceso hereditario eran erróneas, en esa época se sabía lo suficiente de las características de la herencia como para demostrar que los criadores pueden controlar hasta cierto punto el flujo de información.

De hecho, como lo señaló Theodosius Dobzhansky ya en la década de 1930, para comprender cómo opera la selección natural no

es necesario conocer los procesos genéticos. Ese conocimiento es tan irrelevante como que yo sepa por qué al presionar la tecla con una letra "S" en mi teclado se inicia la transmisión de impulsos eléctricos cuyo código es interpretado por mi procesador de textos como la letra "S" en la pantalla. Lo importante es que el proceso ocurra y que funcione así cada vez que escribo un texto en mi computadora. Dobzhansky utilizó una comparación similar a ésta para explicar la acción de la selección natural. Se necesita (1) variación heredable en (2) una población de tamaño limitado por factores externos (disponibilidad de alimento, por ejemplo), de modo tal que (3) haya una preferencia en la transmisión de esa información, independientemente de cuáles sean los detalles de cómo los organismos acaban pareciéndose a sus progenitores. Según Dobzhansky, la selección natural es un proceso de supervivencia diferencial de información genética en los individuos de una población. No tiene nada que ver con cómo se transmite la información genética de los progenitores a la progenie.

La explicación de Dobzhansky no implica que los conocimientos de la genética moderna sobre el genoma, de cómo se manifiesta el genoma durante el desarrollo de los organismos, cómo se duplica la información y cómo se transmite a la generación siguiente –y cómo se modifican o no los componentes que codifican esa información– sean irrelevantes en el estudio de la evolución. Algunos de los hitos más relevantes de la historia de la ciencia surgieron cuando se comprendieron cuestiones fundamentales de los procesos de la herencia; por ejemplo, la ebullición científica que en los primeros años del siglo XX sucedió al descubrimiento de las leyes de Mendel. Luego, a mediados de ese siglo, ocurrió algo similar cuando se describió la estructura de la molécula de ADN y, al poco tiempo, cuando se descifró el código genético. En ambos casos, la cuestión que había que resolver era si las ideas existentes sobre el proceso evolutivo se adaptaban a los conocimientos adquiridos con los nuevos descubrimientos, todo un reto intelectual que dio origen a encarnizadas polémicas.

Ahora bien, la idea central de Dobzhansky –que la genética de poblaciones no es equivalente a los procesos genéticos específicos de los individuos, o al menos no depende por completo de esos pro-

cesos– implica una cuestión importante. La información (a la que hoy en día denominamos "información genética") se presenta empaquetada en distintos niveles de organización biológica. El genoma –todos los genes localizados en todos los cromosomas y la gran cantidad de elementos estructurales y no codificantes presentes en todas las células– es un complejo mundo en miniatura en el que algunos elementos regulan el momento en que otros se activan y se desactivan, y la secuencia en que lo hacen. Las mutaciones (que con frecuencia consisten en la simple copia de errores durante la duplicación de los cromosomas en la división celular) permiten que haya variación en la información genética dentro de las células de un único individuo (en cada organismo hay miles de millones de células). Y, dejando de lado a los gemelos, por regla general, no existen dos individuos que compartan la misma información genética.

Continuidad y discontinuidad de la información: el papel de la geografía

Darwin y sus contemporáneos podían no saber nada de genética, pero sí sabían que los organismos varían en una misma población o en el corral, donde los criadores seleccionaban y dejaban que se reprodujeran sólo los individuos con características que les interesaba propagar. Eso no era todo: poblaciones de lo que en apariencia era una única especie diferían en ciertos rasgos de poblaciones que vivían en otras regiones. Podía tratarse de la mayor frecuencia del color oscuro en las ardillas de algunas ciudades, como en la ardilla gris de América del Norte. En Toronto hay muchas más ardillas negras que en las poblaciones de Nueva York; no obstante, los individuos oscuros y claros se cruzan sin inconvenientes y en una misma camada aparecen individuos más oscuros y más claros, lo que implica que las diferencias se deben a variaciones hereditarias menores dentro de la misma especie.

Pensemos en las aves que viven en el patio de nuestra casa o en el terreno vecino. Los gorriones, los estorninos (ambas especies son originarias de Europa), los carboneros, los pinzones y los cuervos se distinguen fácilmente. Los distintos individuos de la "misma especie" suelen ser muy parecidos, aunque entre algunos haya pe-

queñas diferencias en el tamaño y el color del plumaje. Pero los cuervos son cuervos, los estorninos son estorninos, etc. Si los observamos en la primavera, veremos que el apareamiento ocurre sólo entre miembros de distinto sexo dentro de cada grupo, así que los cuervos producen cuervitos y de los estorninos nacen crías de estorninos. Reconocemos que hay distintos "tipos" de aves –y de mamíferos, insectos, plantas y demás seres vivos– que viven juntos. Sus "miembros" individuales se parecen mucho, pero están separados de otros tipos de animales o plantas por lo que algunos naturalistas de otra época consideraban "brechas insalvables".

Al adentrarse en el ámbito de la observación de aves, sin embargo, las cosas no siempre se presentan con tanta claridad. Los pequeños carboneros son muy parecidos a lo largo de todos los Estados Unidos, al menos en los estados más septentrionales, pero hay algunas diferencias en el canto y las llamadas. Los de los estados más meridionales parecen algo más pequeños, su canto es más agudo y rápido. Y en San Francisco, el lomo es de color castaño; los de las montañas de Utah tienen una raya negra en el rostro y los de Canadá tienen la cresta marrón en lugar de negra. Los carboneros, entonces, presentan variación geográfica. La pregunta que sigue es cómo podemos saber si los carboneros de Ohio, los de Carolina del Sur, Utah, San Francisco y Canadá pertenecen al "mismo" grupo que los del patio de nuestra casa. ¿Cuáles son límites de la variación geográfica? ¿Por qué dos formas diferentes –con diferencias a veces muy notorias y otras, más graduales– de algo que parece ser la "misma cosa" se sustituyen entre sí en regiones vecinas? ¿Es arbitrario designar a una forma determinada con la categoría de "especie"? ¿Cuáles son los límites de una especie? ¿Cuándo decidimos que dos cosas son variedades de una misma especie o que son dos especies distintas?

En otras palabras, ¿qué es una "especie"? Darwin consideraba que el problema de la evolución era encontrar una solución al "misterio de los misterios" de Herschel: el origen de especies nuevas. Es esperable, entonces, que la clave para comprender gran parte de la historia del pensamiento evolucionista se encuentre en cómo se ha definido el concepto de especie. Se han propuesto respuestas de todo tipo, desde quienes afirman que las especies son entidades fijas hasta que no existen como realidad biológica sino sólo como conceptos

humanos, constructos que surgen de la necesidad psicológica de jerarquizar la naturaleza según entidades discretas. El quid de la cuestión ha sido siempre decidir si las especies son entidades naturales o no.

En ese sentido, la dicotomía entre lo discreto y lo continuo ha sido un tema central de los debates sobre la evolución, desde la época de la resistencia a la evolución entre los naturalistas anteriores a Darwin y los primeros profesionales de la biología hasta nuestros días. No sólo el concepto de especie ha ocupado el centro de la escena científica, también se ha discutido si los caracteres se heredan por unidades discretas o la herencia ocurre por mezcla y si la variación dentro de las poblaciones es continua o discreta. Dobzhansky, por ejemplo, en su valioso libro *Genética y el origen de las especies*, publicado originalmente en 1937, señala que las leyes de la genética de los individuos (genética fisiológica) son distintas de las leyes que rigen la genética de las poblaciones (genética de poblaciones) y concluye que las mutaciones son fenómenos discretos, de todo o nada. La selección natural, por otra parte, modifica la frecuencia de las distintas formas génicas (alelos) en las poblaciones, de modo que la variación se manifiesta en las poblaciones de manera gradual. Aunque nos estemos adelantando un poco en el tiempo, mencionaremos que, en su libro, Dobzhansky pone el acento en que la discontinuidad aparece en el nivel inmediato superior: las especies.

Continuidad versus discontinuidad en la historia geológica

Para abordar el tema de las diferencias heredables entre individuos, poblaciones, "especies" y agrupaciones más generales de organismos, en especial cuando comparamos variaciones entre áreas, es imprescindible ocuparse de la dicotomía continuidad versus discontinuidad. Consideraremos ahora qué papel cumple el tiempo en este aspecto. La naturaleza discreta o continua también tiene que ver con las "especies" nuevas que reemplazan a las extinguidas: el "misterio de los misterios" de Herschel (y de Darwin). El registro fósil muestra análogos sorprendentemente similares a los patrones de sustitución y variación discreta/continua que se observa en la actualidad. El registro fósil agrega la variable temporal a la espacial,

de modo que nos permite apreciar la sustitución y las cuestiones asociadas con la oposición discreto/continuo en el espacio y en el tiempo. En condiciones favorables, puede estudiarse la historia evolutiva de un único linaje y así ver los patrones de variación intrapoblacional, espacial y temporal (medida en millones de años, una unidad de tiempo que en la época en que Darwin zarpó en el *Beagle* era inimaginable).

El tiempo geológico trae aparejadas otras cuestiones, como la de las tasas de evolución. ¿Cuál es la velocidad de la evolución? De la mano de esta pregunta relativamente directa sobre el tiempo evolutivo, llegan otras más complejas: ¿la evolución actúa según tasas más o menos constantes durante períodos de tiempo muy largos? ¿Y cuán largos son los "períodos de tiempo muy largos"? El paleontólogo Stephen Jay Gould comenta que se trata de un problema de escala, ya que lo que parece un período corto para un geólogo puede ser terriblemente largo desde el punto de vista de la vida de un hombre o de un biólogo acostumbrado a medir tasas de evolución en el transcurso de unos pocos años.

Las tasas de evolución suelen confundirse con cuestiones del binomio continuo versus discreto. Hay un ejemplo con el que he lidiado durante toda mi carrera, y es el de las rápidas tasas de evolución que se verifican en la aparición de especies nuevas en el registro fósil, que forman parte del patrón que Stephen Jay Gould y yo denominamos "equilibrio puntuado" o "interrumpido". Pensamos que los largos períodos de cientos de miles o millones de años durante los cuales no hay cambios evidentes en la mayoría de las especies contenidas en el registro fósil se ven alterados por cambios rápidos que aparecen como "puntos" de evolución que dan una apariencia de discontinuidad entre las especies más antiguas y las nuevas que las sustituyen (detalles del "misterio de los misterios"). En su día, se nos acusó de estar en contra de la teoría darwiniana por postular un modelo de cambio abrupto y repentino (conocido como saltacionismo) y descartar la idea de una evolución gradual, una forma de cambio continuo entre las especies ancestrales y sus descendientes. Sinceramente, fue doloroso que nos acusaran de oponernos a Darwin.

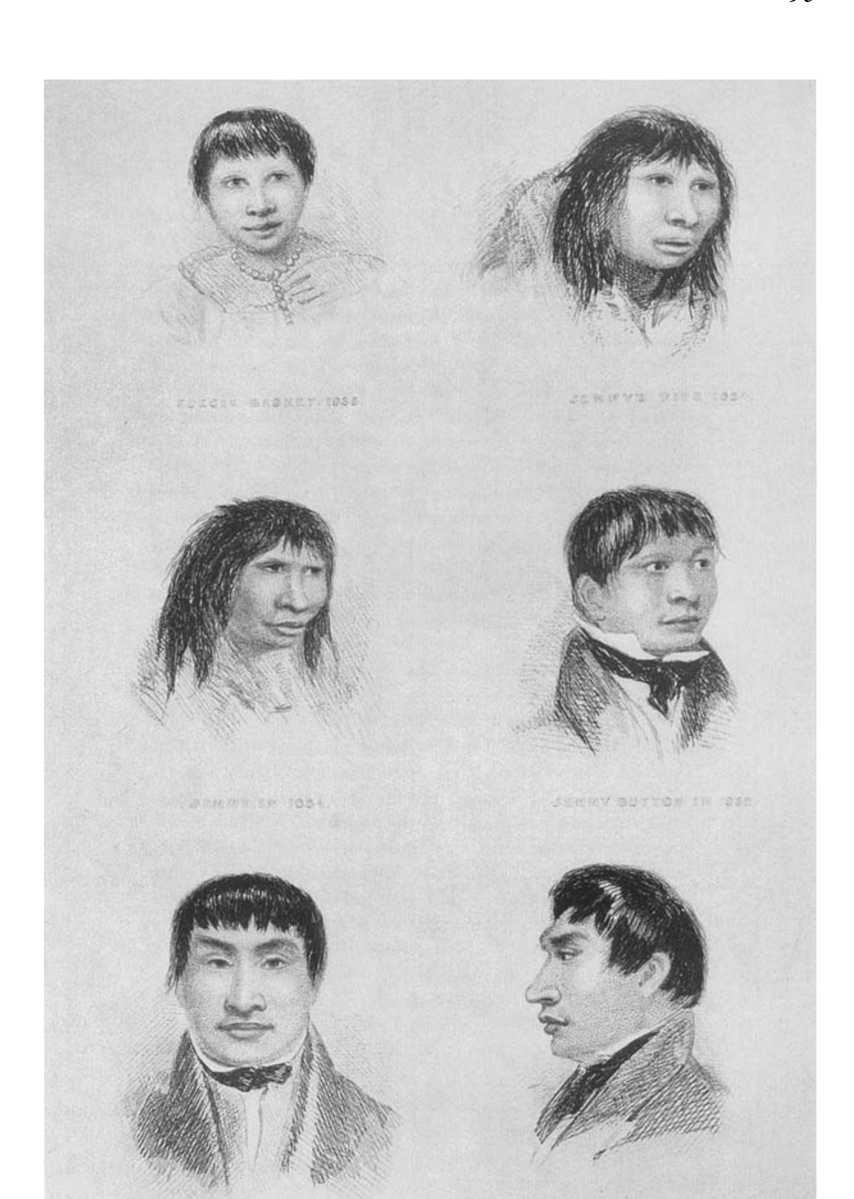
Lo cierto es que estábamos lejos de la herejía antidarwiniana. Siempre sostuvimos que la transición era rápida en comparación

con los largos períodos de estasis, es decir, sin cambios. ¿Qué significa "rápida"? Nosotros aclaramos que nuestro cálculo de esa rapidez se enmarcaba dentro de los cinco mil a los cincuenta mil años, que es rápido para los estándares geológicos, pero estaba dentro del rango de las tasas de evolución conocidas en la década de 1970. En la actualidad, los genetistas no cuestionan esas tasas de evolución entre especies, e incluso algunos las consideran más lentas que las reales.

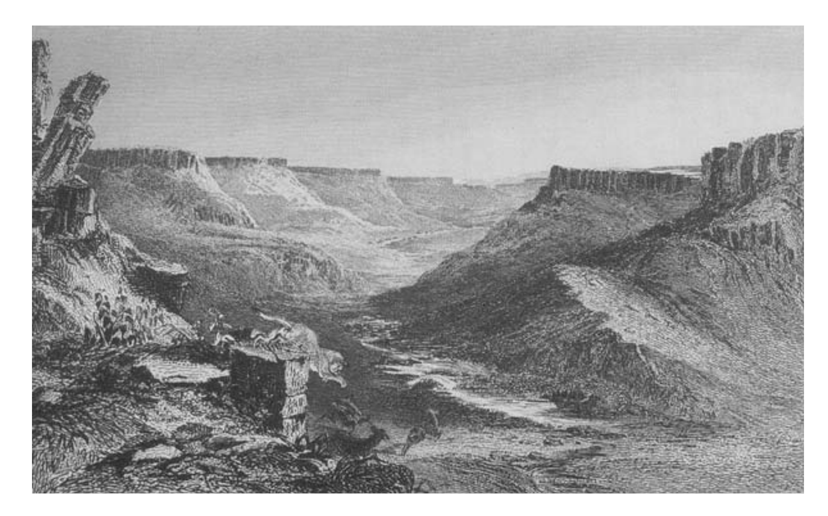
Catastrofismo y teoría de la uniformidad

Las magnitudes son fundamentales cuando se trata de analizar la continuidad y la discontinuidad dentro del tiempo evolutivo (geológico) real en la estimación de las tasas de evolución. Recordemos que Darwin comulgaba con las ideas del geólogo Charles Lyell, cuya noción de uniformidad fue fundamental en la teoría evolutiva de Darwin. Algunos historiadores consideran que Darwin es el Lyell de la biología, pues hizo por la historia de la vida lo que Lyell hizo por la historia de la Tierra. Algunos académicos, como el paleontólogo George Gaylord Simpson, han analizado los distintos matices del término "uniformidad" utilizado por Lyell y por geólogos posteriores, pero creo que fue Gould quien mejor captó las dos caras de la palabra. En 1965, cuando era estudiante de posgrado, Gould escribió en un artículo que uniformidad es, por un lado, una receta para el estudio científico de la Tierra y, por otro lado, implica una aseveración respecto de la velocidad y la naturaleza de los procesos que cambian la superficie terrestre.

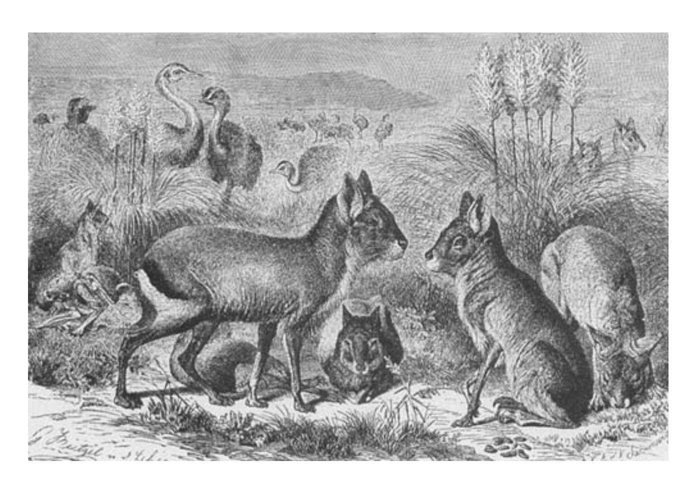
La teoría de la uniformidad suele resumirse con la siguiente frase: "El presente es la clave para conocer el pasado". Lyell tomó las ideas del escocés James Hutton (y las de otros geólogos pioneros, como Nicolaus Steno) y señaló que los procesos que vemos en el presente –lluvia, erosión, viento, erupciones volcánicas o terremotos ocasionales– han actuado siempre, y que son necesarios y suficientes para explicar todos los cambios que ha habido en la superficie de la Tierra desde sus orígenes. Según Lyell, las leyes naturales son inmutables; la gravedad y otras fuerzas y fenómenos físicos fundamentales han actuado siempre, y basta pensar en su efecto sobre



Los fueguinos que volvieron a su tierra en el *Beagle*: Fuegia Basket (arriba), Jemmy Button (centro) y York Minster (abajo). Dibujo del capitán Robert FitzRoy.



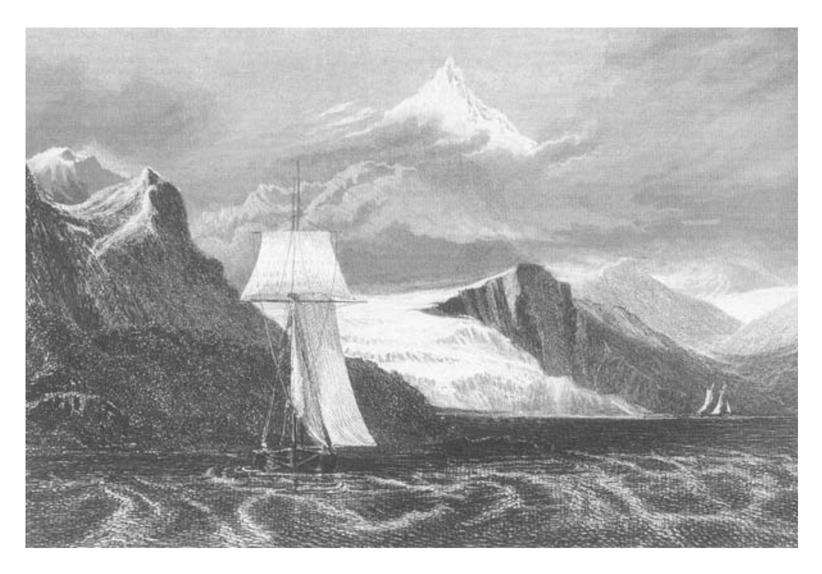
Flujo de basalto (roca de origen volcánico) y capas de roca sedimentaria asociadas en el río Santa Cruz, donde Darwin descubrió fósiles que le hicieron pensar en la posibilidad de la evolución de la vida.



Meseta patagónica, con ñandúes, conejillos de Indias y otros representantes de la fauna local que inspiraron a Darwin a formular su teoría de la evolución.

las rocas de la superficie terrestre para saber cómo se forman las montañas y cómo se acumulan las gruesas capas sedimentarias.

Ahora bien, en la teoría de la uniformidad de Lyell está implícita la idea de que los procesos actúan casi siempre –o siempre– de ma-



El *Beagle* con su buque escolta, el *Adventure*, en el Monte Sarmiento, en el canal Magdalena, estrecho de Magallanes. Ilustración de Conrad Martens.

nera gradual, lenta y sostenida, de modo que existe una relación entre la noción de tasa de cambio y la de continuidad/discontinuidad. Aquí Lyell plantea una discusión (como lo hizo Hutton en su día) con la escuela geológica catastrofista. A pesar de ser cristiano, Lyell se oponía al vínculo entre esa teoría y la geología entendida desde el punto de vista bíblico, cuyo ejemplo más característico es el Diluvio Universal, que aún hoy tiene sus defensores. La geología bíblica cuenta entre sus pioneros al influyente geólogo alemán del siglo XVIII Abraham Gottlob Werner, quien pensaba que la Tierra se formó por una sucesión de capas de sedimentos y precipitados químicos. La última de esas capas fue la que se depositó después del Diluvio, cuando Noé salvó a todos los organismos que habitaban en el planeta llevando parejas de cada tipo al arca. Hutton demostró que muchas de las rocas superficiales observadas en las cercanías de su Edimburgo natal eran restos enfriados de antiguas corrientes de lava volcánica y otras eran afloramientos de rocas ígneas.

El Diluvio era, en esencia, una catástrofe, de modo que el segundo significado de la uniformidad de Lyell, el gradualismo, fue algo así como el antídoto racional contra todos los excesos del catastrofismo



Caja que perteneció a Annie. La conmovedora colección de objetos y recuerdos de la niña fue conservada por su madre como una reliquia familiar.

en general, Diluvio y arca de Noé incluidos. La explicación de Lyell consiste en considerar que el mundo se puede interpretar por medio de los procesos que operan en él, y que esos procesos actúan de forma lenta, incesante y gradual. La discontinuidad, a la que Darwin también adhirió en un principio, ya había quedado fuera del pensamiento geológico. Cuando Darwin leyó la obra de Lyell, adoptó su teoría de inmediato, a pesar de las advertencias del profesor Henslow de que no creyera en todo lo que decía Lyell.

Extinción

La oposición entre lo discreto y lo continuo, el catastrofismo y el gradualismo de Lyell, y la rapidez y la lentitud de las tasas evolutivas depende de la escala de observación. En muchos sentidos, todos esos binomios tienen que ver con la misma cuestión, que salió



El famoso estudio de Darwin en Down House. Darwin aprendió a valorar la importancia del orden en el *Beagle*, donde debió habituarse a trabajar en un espacio muy reducido. En cada uno de los estantes que se encuentran sobre el escritorio, a la derecha, Darwin ubicaba cuadernos de notas dedicados a un tema en particular o a un capítulo de *El origen de las especies*. Esta costumbre refleja los hábitos adquiridos años antes en alta mar.

a la luz en contextos ligeramente diferentes, cuando los geólogos y los biólogos se dedicaron a estudiar los patrones de variación y sustitución geográfica y temporal de animales y plantas "afines". Si bien para la época en que Darwin comenzó a dedicarse a la ciencia el catastrofismo estaba cediendo terreno ante las ideas de uniformidad, todavía era la teoría dominante –al menos en Inglaterra– en el momento en que él se preguntó por el "misterio de los misterios". Ese misterio tenía que ver con la sustitución de especies extinguidas por otras similares en las capas sucesivas de la Tierra.



Sala de estar de Down House. Aquí, Charles y Emma Darwin jugaban al backgammon. Charles llevaba una lista en la que se ve que él ganó algunos partidos más que su esposa. El fagot nos hace pensar en el experimento por el cual Darwin se dispuso a comprobar si las lombrices de tierra reaccionan ante estímulos musicales, una investigación algo antojadiza realizada en los últimos años de la vida del científico.

En esa época la extinción de las especies era reconocida por casi todo el mundo, aunque todavía quedaban personas como Thomas Jefferson, paleontólogo aficionado y tercer presidente de los Estados Unidos, quien estaba interesado en la exploración de las tierras del oeste del país, en parte porque estaba seguro de que iban a encontrarse ejemplares vivos de mastodontes, perezosos gigantes terrestres y otros mamíferos de la última glaciación. (Por cierto, lo único que ha quedado de esos animales son huesos conservados en depósitos sedimentarios en la zona este.) Las causas de la extinción eran un tema aparte; podían estar relacionadas con un cambio en el entorno, con la voluntad de Dios o con cuestiones biológicas, como las propuestas por Darwin y quienes lo siguieron. Independientemente del motivo, hacia la década de 1830 la mayoría de los naturalistas admitía que la extinción era un fenómeno real originado en la naturaleza.



Invernadero de Down House. Aquí Darwin realizó muchos experimentos con plantas. Algunos han sido reproducidos recientemente por el botánico e historiador David Kohn en este mismo sitio.

El gran zoólogo francés Georges Cuvier (uno de los pocos nobles que lograron sobrevivir a la Revolución Francesa, avanzar en su carrera y conservar la cabeza sobre los hombros) era un hombre con una formación muy sólida que ha pasado a la historia de la ciencia por ser el padre de la anatomía comparada. A diferencia de su compatriota Jean-Baptiste Lamarck, un distinguido especialista en invertebrados modernos, Cuvier era reacio a aceptar la existencia de la evolución. Junto con el geólogo Alexandre Brongniart, Cuvier diseñó un mapa que representa las capas de rocas sedimentarias (lechos de roca caliza y yeso, principalmente) de la cuenca de París. Ése fue uno de los primeros mapas geológicos que se publicaron.

Cuvier notó que las biotas –conjunto de animales y plantas– ocupaban una región durante un tiempo y luego desaparecían. La desaparición siempre se producía de forma abrupta y a continuación ocupaba su lugar otra fauna con especies bastante parecidas a las anteriores. En su *Discours sur les révolutions de la surface du globe* (1812), Cuvier nombra treinta y tres revoluciones como mínimo, a

las que interpreta como otros tantos actos de destrucción y creación de Dios. Cuvier se aferraba a las ideas catastrofistas; para él, todos los seres vivos se extinguían y volvían a crearse y a poblar el mundo por obra divina.

Lyell observaba la realidad desde otra perspectiva. Con la mirada puesta en los fósiles marinos del cenozoico (prácticamente los últimos 65 millones de años), descubrió que las características modernas se iban acumulando: los caparazones fósiles del paleoceno no compartían muchos rasgos con los actuales, los del eoceno tenían más características modernas y así hasta el holoceno ("todo nuevo"), cuyos fósiles compartían el cien por ciento de los rasgos con los de la fauna moderna. Las especies se extinguían porque no podían vivir en diferentes condiciones ambientales para las que no estaban preparadas, pero las especies nuevas representaban actos independientes del Creador, o al menos eso pensó Lyell durante años, hasta que se convenció de que Darwin tenía razón.

La discontinuidad fue el dominio conceptual de los creacionistas, quienes piensan que Dios se lleva y trae las especies y hasta comunidades animales y vegetales enteras. El gradualismo y la continuidad se convirtieron en la consigna de las ciencias naturales de la Tierra, aunque los pioneros como Lyell no llegaron tan lejos como para creer que la explicación del misterio de los misterios también se encontraba en la naturaleza.

En lo que respecta a las especies, quizás haya sido el reverendo William Whewell, con quien Darwin había compartido cenas en Cambridge, el que lo expresó mejor en su compendio de la visión canónica creacionista, *History of the inductive sciences* (1837): "Las especies tienen una existencia real en la naturaleza, y la transición de una a otra es imposible". Esa aserción, publicada cuando Darwin inauguraba su primer Cuaderno de la Transmutación, resume el pensamiento dominante de la época.

Siempre se ha creído que la ideología religiosa, una versión de la historia de la Tierra, de la vida y en especial de la humanidad basada en el relato bíblico, fue la fuente de inspiración de los primeros naturalistas creacionistas como Cuvier y lo que los llevó a negar la evidencia visible y, en definitiva, a distorsionar sus observaciones de la naturaleza. Nada más alejado de la realidad: hoy en día po-

dremos saber más de la historia de la Tierra y de los seres vivos que lo que se sabía en esa época, pero los hechos eran muy reales entonces, y no podía negarlos ni siquiera una mente cristiana. Los primeros apuntes de Darwin referidos a la evolución, escritos en Inglaterra a poco de concluir el viaje en el *Beagle*, lo muestran como un verdadero saltacionista.

LA EVOLUCIÓN DE DARWIN

Cuando Alfred Russel Wallace partió por primera vez en una expedición ya estaba convencido de la existencia de la evolución; su objetivo, concretado años más tarde, durante su segundo viaje, era encontrar la causa. Charles Robert Darwin era, en cambio, y según lo atestiguan su familia, sus amigos, tantos historiadores y él mismo, un creacionista hecho y derecho cuando se embarcó en el *Beagle*. Hizo un par de comentarios que lo acercan al evolucionismo, como el de las tortugas de las Galápagos y el de los sinsontes, que aparece citado en el capítulo 2. Después conoció a John Herschel en Ciudad del Cabo. Casi diez años más tarde, en 1845, en la segunda edición de *El viaje del "Beagle"*, comenta que sus sospechas surgieron con los pinzones de las Galápagos, aunque el comentario sólo toca a la evolución indirectamente:

> Al ver la gradación y la diversidad de estructuras en un grupo de pájaros íntimamente relacionados entre sí, podríamos imaginar que, en el archipiélago, de unos pocos individuos salió una especie que se modificó para fines distintos.

Darwin advirtió las pistas: los patrones de sustitución geográfica de los ñandúes en América del Sur, la sustitución geológica de mamíferos fósiles "muy afines" a través del tiempo y las tortugas y los sinsontes que se reemplazan en islas vecinas. En algún momento, esas impresiones se cristalizaron, se concretaron en el plano consciente: "El camino de razonamiento que sigue mi teoría es establecer primero un punto como probabilidad por inducción y luego

usarlo como hipótesis para otros puntos y verificar si por ese camino se resuelven" (Cuaderno D, 1838). En los primeros apuntes escritos después de volver a Inglaterra (Cuaderno Rojo, iniciado en el *Beagle* y completado en Inglaterra, según la mayoría de los historiadores que se han ocupado del tema, con las ideas evolucionistas más tempranas), Darwin escribe que debe recordar leer la bibliografía disponible sobre la distribución de especies sudamericanas para contar con más casos "por inducción", pero también para probar si los patrones de distribución se repiten: dos caras de la misma moneda.

Los primeros cuadernos, escritos entre 1837 y 1839, son reveladores y a la vez frustrantes, pues en su mayor parte son un conjunto ecléctico de anotaciones que poco tienen que ver con series coherentes de observaciones, con un razonamiento ordenado o con teoría alguna. En realidad, son como las anotaciones de cualquier persona: las ideas que llevaron a escribirlas son más completas (al menos es lo que uno recuerda) que lo que muestra la brevedad de los textos vistos con una mirada retrospectiva. Darwin volvió a sus cuadernos años más tarde para buscar datos recogidos de otros libros. De hecho, arrancó secciones enteras, y sólo gracias a la paciente labor de un grupo de historiadores pudo reconstruirse el material según la disposición original aproximada.[1] Darwin utilizó sólo partes del Cuaderno Rojo, en cuya tapa escribió "nada de interés", porque las primeras ideas, que aparecen en ese cuaderno habían experimentado un cambio radical para la época en que estaba dando forma definitiva al manuscrito para la publicación de su libro.

En esos primeros cuadernos, sin embargo, no hay nada parecido a un proceso inductivo de búsqueda de la verdad, pero sí hay referencias a "mi teoría". No es posible, entonces, conocer el momento o el período (aunque creo que fue durante la travesía en el *Beagle*) en que Darwin abandona la historia creacionista en favor de la escuela naturalista y vislumbra una evolución que ha ocurrido por

1 El evolucionista especializado en biología del desarrollo Gavin De Beer publicó, entre 1960 y 1961, un trabajo en cinco partes titulado *Darwin's notebooks on transmutation of species*. Para escribir mi trabajo, he consultado la muy completa edición anotada de Paul H. Barrett *et al.*, publicada en 1987. Sandra Herbert se ocupó del Cuaderno Rojo y David Kohn del Cuaderno de la Transmutación.

causas naturales. Pero tampoco tenemos que confundirnos con respecto a cómo ve Darwin las cosas en relación con la versión creacionista de la vida. En esos primeros cuadernos, escritos en un estado de gran excitación e intensidad creativa entre 1837 y 1839, se aprecia el predominio de un tema en particular. Darwin empieza a pensar que hay dos maneras de entender y explicar sus observaciones: o la sustitución de una especie por otra (en el espacio o en el tiempo) ocurre por causas naturales o el responsable es Dios. Una y otra vez, Darwin se pregunta (en silencio, pues se trata de un gran secreto) por qué: *¿Por qué Dios se molestaría en reemplazar un grupo de mamíferos edentados (del grupo de los armadillos y los perezosos) de América del Sur por otro grupo del mismo orden, un tipo de animales que sólo se encuentra en América?* Si un tipo de animal es reemplazado por medio de un proceso natural, *evolutivo*, el misterio desaparece: la evolución de una especie a partir de otra crea automáticamente grupos de especies relacionadas muy semejantes, y es *esperable* que grupos enteros se sitúen en zonas particulares del planeta. Comparemos esa visión con la de la historia del arca de Noé zozobrando en el monte Ararat, desde donde todos los organismos salieron a poblar todo el mundo (hasta donde yo sé, Darwin nunca escribió algo parecido a esto, pero estoy seguro de que lo pensó). Si esa historia fuera cierta, las características de orden observadas por Darwin en la distribución geográfica y temporal de especies similares no podrían existir. Darwin vio que había una única teoría alternativa… y era precisamente la teoría creacionista, que ya había dejado de tener sentido para él.

Otros naturalistas vieron las mismas características que él, y es cierto que algunos –por ejemplo, Lamarck en Francia y sus seguidores, como Robert Grant, el mentor de Darwin, en Escocia– llegaron a la conclusión de que la evolución debía haber sido un proceso real. Sin embargo, la idea no gozaba de aceptación entre los principales científicos y académicos británicos en la época de juventud de Darwin. Entonces, ¿por qué él estaba convencido de algo que sus pares rechazaban? Suele decirse que Darwin tuvo éxito en algo en que los demás fracasaron: convencer al mundo de que la vida había evolucionado, algo que logró debido a la causa que propuso, es decir, la selección natural. Ahora bien, él no tenía en mente la se-

lección natural cuando se convenció de la existencia de la evolución. Entonces, ¿por qué Darwin?

La respuesta parece provenir, en primer lugar, del hecho de que Darwin no fue criado según los principios religiosos de la Iglesia Anglicana y que su abuelo y uno de sus maestros aceptaban la idea de la evolución. En segundo lugar, Darwin era un joven pujante y competitivo que quería el oro y el moro: vivir de la fortuna familiar y ser respetado dentro del nuevo círculo científico de hombres jóvenes que no necesariamente eran miembros de las clases privilegiadas.

¿Cómo aparece lo que Darwin llama "mi teoría" en ese tesoro que son los cuadernos de fines de la década de 1830? La teoría cambió drásticamente en los dos o tres años durante los cuales él anotó sus ideas. Empezó con algo que a primera vista se parece al "saltacionismo" y luego pasó por una etapa de ideas lamarckianas. Después del hallazgo de la selección natural, "mi teoría" pasó a equivaler a selección natural y dejó de referirse solamente a la teoría general de la evolución, aunque años más tarde escribiría que ésta era la más importante de las dos. En realidad, como veremos más adelante, fue un cambio sutil en la forma de acercarse a sus propias ideas lo que hizo que Darwin transformara radicalmente el curso de su pensamiento, como se aprecia en las diferencias entre el Cuaderno Rojo o los Cuadernos de la Transmutación (1837 a 1839) y el *Sketch* (1842) o el *Essay* (1844) y finalmente la obra acabada en *El origen de las especies* y sus revisiones posteriores hasta los nuevos conceptos, vertidos en *El origen del hombre* (1871).

Creo que hay un aspecto de la carrera de Charles Robert Darwin que hasta ahora no se ha destacado lo suficiente: quizás él no haya sido el primero, pero sin duda fue el último ser humano que abarcó un área tan extensa del saber biológico y geológico, área que se dividió en varias disciplinas y subdisciplinas a medida que fueron aumentando los conocimientos. Su experiencia en el *Beagle* (en el que se embarcó siendo un naturalista novato) consistió en hacer observaciones directas, recolectar especímenes y elaborar análisis someros. La vorágine creativa que lo acompañó a su regreso a Inglaterra, en la segunda mitad de la década de 1830, entró en una nueva etapa cuando las impresiones de Darwin se convirtieron en leyes sujetas a la puesta a prueba y al análisis posterior, y avanzó aun más al

poco tiempo, cuando encontró el proceso causal de la evolución: la selección natural. Darwin combinó la capacidad de reflexión con la avidez por la lectura de todo material relevante que cayera en sus manos, el intercambio de correspondencia con toda clase de especialistas en una variedad de temas, la experimentación (por ejemplo, la cría doméstica, la biología reproductiva vegetal o el comportamiento de la lombriz de tierra, etc.) y la taxonomía (como el famoso trabajo sobre los percebes, que le llevó ocho años). Como él mismo lo reconoce, todo lo que tuviese que ver con el "misterio de los misterios" le despertaba una inmensa curiosidad.

La dimensión de la experiencia directa de Darwin en tan diversos campos es, por cierto, impresionante. Durante toda su vida, Darwin se presentó como geólogo; tenía un amplio conocimiento del registro fósil, si bien recolectó pocos fósiles después de su gran aventura sudamericana. También era experto en distribución geográfica de plantas y animales de todo el mundo, quizá la fuente de evidencia más infalible, la que lo convenció de que los seres vivos debían haber evolucionado. Asimismo, ni la anatomía comparada, ni la sistemática o clasificación de animales y plantas, ni la biología del desarrollo ni las complejidades de la herencia tenían secretos para él. A todo ello hay que añadir el profundo interés que tenía no sólo en el comportamiento de los animales e incluso de las plantas (Darwin llegó a escribir un artículo sobre los "movimientos y los hábitos" de las plantas trepadoras), sino también en el del hombre en tanto animal, en la afinidad del hombre con los primates, y, a través de ellos, en la relación del hombre con el resto de los seres vivos. Como bien relata Randal Keynes en *La caja de Annie: Charles Darwin, su hija y la evolución humana*, la famosa comparación entre el comportamiento de los primeros dos hijos de Darwin y el de Jenny, el orangután hembra del zoológico de Regent's Park, tuvo lugar en el mismo período de gran actividad intelectual de Darwin de fines de la década de 1830, cuando estaba escribiendo sus Cuadernos de la Transmutación.

Lo que quiero destacar es que después de Darwin no ha habido otro ser humano que haya dominado tantos campos distintos del saber, todos ellos importantes para la comprensión del proceso evolutivo. Tal amplitud de conocimientos nos da la pauta de todo lo que consiguió en su vida y nos permite comprender qué ha ocurrido –y

por qué– en la historia del pensamiento evolucionista. Básicamente, eso significa que lo que un paleontólogo como yo tiene para decir acerca de los escritos de Darwin y de cómo fue modificándose su pensamiento en los treinta y cinco años que transcurrieron aproximadamente desde que se le ocurrió la idea de la evolución hasta que publicó su último libro en relación con el tema, en 1871, será por fuerza muy distinto de lo que piensa un genetista o un experto en sistemática, en biología del desarrollo o en biogeografía… Y dada la diversidad de experiencias, perspectivas teóricas y simples aunque muy meditadas opiniones dentro de cada disciplina, escribir una historia objetiva de la biología evolutiva a partir de Darwin sería una tarea tan colosal como llegar a una teoría evolutiva única, coherente y duradera que constituyera una síntesis de la infinidad de datos y teorías de todas las disciplinas biológicas y geológicas pertinentes.

Desde la perspectiva apasionada de un paleontólogo de fines del siglo XX y comienzos del XXI que durante toda su carrera ha tratado de descubrir la importancia del registro fósil para comprender cómo evolucionan los seres vivos, Darwin no aparece como el desafortunado portavoz del espíritu intelectual de su época. Tampoco se lo ve como un hombre que, abatido por la reacción causada por su impactante teoría, disfrace sus ideas hasta obtener una descripción distorsionada de la realidad. El panorama de cambio gradual y progresivo que Darwin presenta en *El origen de las especies* bien podría haber sido coherente con otras cuestiones culturales y más digerible para su público lector que una explicación por medio de cambios revolucionarios. Pero él creía fervientemente que el suyo era un cuadro realista de la naturaleza.

Darwin era un apasionado de la verdad y siempre buscaba la precisión. Reconoció que no había buenos ejemplos de las más delicadas (“insensibles” era el término en boga) gradaciones de fósiles y propuso razones para ello y para la aparente estabilidad de las especies en el registro fósil. Tengo una explicación alternativa del viaje intelectual de treinta y cinco años que hizo Darwin por el mundo de la teoría evolutiva, un mundo que él había inventado. Haré a continuación un resumen a la manera de Darwin, como una especulación fundamentada que puede “ponerse a prueba” analizando sus textos en profundidad. Creo que la danza de Darwin con la evo-

lución refleja cambios en la forma en que conceptualizó el mundo y abordó la tarea científica. El verdadero hito lo constituye la formulación de la teoría de la evolución por medio de la selección natural en 1838.

En resumidas cuentas, Darwin atravesó una especie de "fase inductiva". Advirtió los patrones de sustitución de especies en el tiempo y en el espacio (de norte a sur de América del Sur). Finalmente, se dio cuenta del significado de esos patrones cuando descubrió las características de las tortugas y los sinsontes en las distintas islas del archipiélago de las Galápagos. Cuando volvió a Inglaterra, inició el primer Cuaderno de la Transmutación con un estudio de los ejemplos que apuntan al camino evolutivo.

El botánico e historiador David Kohn señala con razón que, desde la primera página de sus cuadernos de notas, Darwin estaba tratando de encontrar un *mecanismo* evolutivo. Porque, como el mismo Darwin afirma en la introducción a la primera edición de *El origen de las especies*:

> Al considerar el origen de las especies, es totalmente comprensible que un naturalista, reflexionando sobre las afinidades mutuas de los seres orgánicos, sobre sus relaciones embriológicas, su distribución geográfica, sucesión geológica y otros hechos semejantes,[2] llegue a la conclusión de que las especies no han sido creadas independientemente, sino que han descendido, como las variedades, de otras especies. No obstante, semejante conclusión, aun cuando estuviese bien fundada, no sería satisfactoria hasta que pudiese demostrarse de qué modo las innumerables especies que pueblan el mundo se han modificado hasta adquirir esa perfección de estructuras y esa coadaptación que causa, con justicia, nuestra admiración.*

Darwin quiere decir que si no existe un mecanismo que explique la evolución, la idea no está completa. La explicación en la que estaba pensando es, claro está, la selección natural.

2 Por ejemplo, los "patrones" o "claves" que apuntan a la evolución.
* Trad. esp. cit.: p. 56.

Creo que la evolución de la evolución de Darwin refleja un cambio de posición que ocurrió cuando descubrió el principio de selección natural y se convenció de que el mecanismo era correcto y que se aplicaba a todos los seres vivos. El siguiente paso sería, entonces, comprobar si las características observadas en la naturaleza –distribución geográfica y geológica de especies, patrones de "afinidad" en sistemática, anatomía comparada y embriología– podían redefinirse de acuerdo con los principios de acción de la selección natural según la concebía Darwin.

Parecería que Darwin quería que sus características –los "datos" que primero le señalaron el camino a la evolución– fuesen vistas en retrospectiva como *predicciones* que serían necesariamente verdaderas si la evolución se hubiese producido (su primera idea) y en especial si los cambios evolutivos ocurrieran por acción de la selección natural (idea más osada que la primera). Así, los ejemplos posteriores tomados de la naturaleza serían una prueba y no simplemente otro caso de una lista inductiva con la que se llega a la conclusión de que la vida ha evolucionado.

Mi propuesta es que, sabiendo lo que hacía, Darwin abandonó la inducción baconiana que lo había convencido de que las distintas formas de la vida habían evolucionado. Pero, como él mismo afirmó más tarde, no alcanzaba con decir que la evolución existe; había que encontrar el modo en que las especies cambian con el tiempo. Cuando planteó el concepto de selección natural, ésta desplazó a la verdadera protagonista del centro de la escena pues todas las características que él había notado con anterioridad fueron reformuladas y se convirtieron en resultados previsibles del proceso de selección. Y, como ya hemos visto, el gran genetista de mediados del siglo xx Theodosius Dobzhansky señaló los distintos niveles de organización de los sistemas biológicos en su búsqueda de patrones de continuidad y discontinuidad. La selección natural genera patrones de variación continua en las poblaciones, asegura Dobzhansky, una idea que Charles Darwin no había pasado por alto cien años antes.

Entonces, si los seres vivos evolucionan por acción de la selección natural, el cambio evolutivo debe ser gradual y continuo. Mucho antes de *El origen de las especies*, cuya escritura respondió a una re-

pentina actitud competitiva causada por la recepción del artículo de Wallace, las características naturales señaladas por Darwin pasaron a ser una serie de predicciones que implicaban continuidad y modificación gradual. Las características que no encajaban en el nuevo marco conceptual no fueron descartadas, porque la honestidad intelectual de Darwin no se lo permitía, pero fueron hechas a un lado o catalogadas y reconocidas como "dificultades para mi teoría". Hay que admitir que Darwin no jugaba estrictamente con las reglas del método hipotético deductivo. Si los datos no concuerdan con las predicciones, la hipótesis debe rechazarse, pero afortunadamente Darwin no se echó atrás: había demasiados hechos que apoyaban su concepto de evolución por medio de la selección natural como para desesperarse por la imperfección de los registros fósiles. Es probable que se haya preguntado por qué éstos no coincidían con sus predicciones. Es que lo que era imperfecto era la forma de las predicciones y no los datos del registro fósil.

La adopción del método hipotético deductivo después de que las viejas reglas inductivas lo convencieron de la existencia de la evolución (que no es poco) es digna de admiración, y, por cierto, es una postura intelectual y retórica adecuada para presentar la evolución por selección natural. Sin embargo, obligó a dejar en el olvido argumentos catastrofistas, válidos desde el punto de vista empírico. Así, la naturaleza absolutamente gradual y continua del cambio evolutivo fue –erróneamente– aceptada como un dato empírico por la mayoría de los evolucionistas que sucedieron a Darwin hasta nuestros días.

EL CUADERNO ROJO Y LOS CUADERNOS DE LA TRANSMUTACIÓN

Leer los Cuadernos de la Transmutación de Darwin es como ver al naturalista navegando en el *Beagle*, lleno de entusiasmo y sin saber con exactitud con qué iba a encontrarse. Como él, nos acercamos a los cuadernos con algo en mente. Y si llegamos al final del viaje sin una teoría capaz de hacer estremecer al mundo, al menos tendremos frente a nosotros un panorama más completo de la gestación

del pensamiento de Darwin y de las primeras etapas de "su evolución", un panorama que nos prepara para el *Sketch* de 1842, el *Essay* de 1844 y, el destino final: *El origen de las especies*. La estructura teórica que Darwin construyó hacia 1859 es tan sólida que no sólo convenció a los intelectuales de que las formas vivientes habían evolucionado sino que aún ejerce influencia en los biólogos evolutivos y en cómo enfocan su objeto de estudio, algo de lo que no siempre son conscientes.

Entonces, juguemos a ser Darwin y abramos nuestros propios cuadernos para apuntar lo que nos parezca más interesante en los cuadernos donde él dejó registradas sus ideas entre marzo de 1837 y fines de 1839. La serie comienza con el denominado Cuaderno Rojo, que hoy alberga Down House, y continúa en los Cuadernos B a E, o los Cuadernos de la Transmutación propiamente dichos, que están a buen resguardo en la biblioteca de la Universidad de Cambridge. El Cuaderno A está dedicado exclusivamente a la geología; el B, iniciado simultáneamente con el primero, se limita a tópicos evolutivos y biológicos relacionados, igual que los Cuadernos C, D y E. Los Cuadernos M y N –que se encuentran también en la Universidad de Cambridge– constituyen una serie independiente iniciada cuando Darwin comenzó los registros del Cuaderno D para escribir sobre los aspectos más metafísicos del pensamiento que edificó con tanto fervor durante dos años de intensa productividad intelectual. Entre esos aspectos se encuentran especulaciones sobre la relación entre el ser humano y las ideas de Darwin sobre la evolución. (Darwin no tardó en asociar el concepto de evolución también con el hombre, además de con el resto de las especies.) Yo acotaré mi viaje por los primeros escritos de Darwin sobre lo que él denominaba "mi teoría" al Cuaderno Rojo y a los Cuadernos B a E.[3]

En el transcurso de un año, Darwin completó el Cuaderno Rojo, iniciado hacia mediados de 1836 como una serie de datos más o menos incidentales de latitud, longitud y cosas por el estilo, registrados a bordo del *Beagle*. Después de analizarlo detenidamente, los

3 He utilizado las transcripciones publicadas por Barrett *et al.* en 1987 y los textos correspondientes de Herbert (para el Cuaderno Rojo) y de Kohn (para los Cuadernos de la Transmutación).

expertos coinciden en que la última parte de ese cuaderno, que estaba en blanco, fue retomado por Darwin al regresar a Inglaterra para aprovechar las hojas que le quedaban.

Yo sabía que el Cuaderno Rojo atesoraba los primeros apuntes que Darwin había escrito sobre la teoría de la transmutación, aparte de las contadas cautivantes reflexiones contenidas en los cuadernos que llevó en el *Beagle*. Leí y releí varias veces *El origen de las especies* en los últimos cuarenta años, así que creí estar familiarizado con las ideas de Darwin. La primera vez que tomé contacto con el libro fue antes de asistir a una conferencia de Louis Leakey, a la que llevé un ejemplar. Era estudiante de grado en esa época, un joven ansioso por aprenderlo todo sobre la evolución y a la vez preocupado porque creí que no entendería ni el inglés victoriano ni los aspectos científicos más difíciles de la obra. Llegué temprano y, como Leakey tardó más de lo previsto, me dispuse a leer a Darwin. Me sentí muy aliviado al descubrir que mis temores eran infundados, y me sorprendí al verme inmerso en la lectura de aspectos específicos de la cría de palomas domésticas, sobre los que Darwin se explaya en las primeras páginas. En realidad, esperaba encontrarme con el relato de las maravillas del mundo natural con que Darwin se había encontrado en su famosa travesía marítima.

Así y todo, no estaba preparado para encontrarme con lo que de hecho encontré en el Cuaderno Rojo. Después de leer varias páginas dedicadas a temas geológicos, de pronto, en la página 127, Darwin introduce los ejemplos clave que le dieron los primeros indicios de su teoría:

> Pensar en fundamento neutral de 2. ñandúes; grande abarca pequeño.–cambio no gradual: repentino si una especie cambia Mem [Memo]: mi idea de elevación islas volcánicas. luego aparición plantas extrañas. si para esos casos puntuales; cualquier montaña, a uno le sorprende menos, falsamente, la creación de la nada. Australia = si para isla volcánica, entonces para cualquier territorio.[4]

4 Esta cita y todas las que transcribo del Cuaderno Rojo y de los Cuadernos de la Transmutación están tomadas de la edición de Barrett *et al.* (1987). He expandido algunas abreviaturas y otras anotaciones de esa edición. Los números de página no corresponden a la edición impresa sino a los cuadernos manuscritos.

Hay algunas ideas más del mismo tenor, y luego, a partir de la página 128, Darwin se recuerda a sí mismo que debe consultar la bibliografía sobre la distribución de aves y "animales" (presumiblemente se refiere a mamíferos de América del Sur). En las páginas 129 y 130, nos topamos con estos párrafos dignos de comentar:

> La desaparición de la llama extinguida no se debe a un cambio de circunstancias; todo lo contrario. se sabe que es un desierto. Me inclino a pensar que los animales aparecen por un tiempo determinado:–no se extinguen porque cambian las circunstancias.
>
> El mismo tipo de relación entre el avestruz común y Petisse [...] guanaco extinguido y actual: primer caso, localización; segundo caso, tiempo. (o cambios como consecuencia de lapso) ésa es la relación –Como en el primer caso las especies distinguibles inosculan, debemos pensar que las más antiguas no sufrieron cambios *graduales* ni degeneración. de las circunstancias: el cambio y transformación de una especie en otra debe ser a saltos... o la especie desaparecería. La inosculación (representación) [aclaración posterior de Darwin] de las especies es importante, cada una con sus límites y representada... Trepador: Furnarius. Caracara Calandria: la inosculación no indica gradación.

La primera vez que leí esas notas creí que me desmayaba. No tenía idea de que Darwin había notado que las especies muy similares que se sustituyen en el espacio (los dos ñandúes o "avestruces"; el "Petisse" es el más pequeño o ñandú "de Darwin") o en el tiempo (el ejemplo de las llamas) no tienden a parecerse entre sí a medida que sus límites convergen. Por el contrario, las dos especies que se reemplazan tanto en el espacio como en el tiempo presentan diferencias tan apreciables como las especies más distantes. Ese patrón de reemplazo abrupto hizo que Darwin pensara que la evolución debía ser rápida –*per saltum*, a saltos– en lugar de un proceso gradual.

Es curioso, pero no asociamos a Darwin con esa idea de la evolución sino con el concepto de gradualismo. Si él hubiese continuado en esa línea de pensamiento, yo no habría escrito este libro, pero he dedicado gran parte de mi labor profesional a tratar de re-

conciliar la existencia de los tipos de patrones de cambio abrupto que indican la existencia de una evolución rápida de las especies (*per saltum*) con la visión posterior de Darwin de adaptación por selección natural. Y a pesar de que años después Huxley, el "perro guardián", le advirtió a Darwin que era un error rechazar abiertamente la sentencia *Natura non facit saltum* (la naturaleza no procede a saltos), él nunca volvió a pronunciarse a favor de esas ideas. No obstante, en la sexta edición de *El origen de las especies* admite la gran estabilidad observada en muchas especies fósiles. Así deja un espacio abierto para que algunos de nosotros siguiéramos sus pasos.

En el siguiente párrafo, Darwin establece una analogía entre la separación de un animal (por accidente o naturalmente) en dos o la generación de progenie por un hermafrodita y lo que ocurre cuando aparece una especie nueva de otra ancestral: un corte relativamente abrupto que tiene como consecuencia la aparición de dos individuos donde, tiempo antes, había sólo uno. Del mismo modo, asegura en la página 133 del Cuaderno Rojo, la extinción puede no estar relacionada con cuestiones adaptativas. "No hay por qué sorprenderse más ante la extinción de una especie que ante la de un individuo."

En estos apartados, Darwin coquetea con la idea de que las especies quizá tengan una vida de duración limitada igual que los organismos individuales. La idea vuelve a aparecer cada tanto, pero no hay motivo para suponer que sea cierta (y en todo caso, no hay un mecanismo genético plausible para que eso ocurra). Con el tiempo, Darwin se convenció de que la extinción de las especies refleja la desventaja competitiva respecto de otras especies más evolucionadas (otro supuesto que no pasó airoso la prueba del tiempo). La extinción, para beneplácito de la mayoría de los biólogos evolutivos del siglo XXI, tiene que ver con cambios ambientales notables y rápidos, normalmente debidos a causas físicas, que superan la capacidad de adaptación de las especies existentes, casi siempre de varias especies distintas y más o menos simultáneamente.

Sin embargo, lo fascinante es la analogía que propone Darwin entre organismos individuales y especies. Darwin dice que las especies tienen una existencia real y que, como los individuos, viven cierto

tiempo (esté la duración de la vida regulada o predeterminada internamente o no) y mueren, es decir, se extinguen. Y al igual que los organismos individuales, las especies nacen por dividirse drásticamente una especie en dos (la única posibilidad aceptada en los pasajes tomados de los cuadernos) o por otros mecanismos. Es esto lo que Darwin quiere decir con "inosculación": como en un beso (ósculo), las especies se tocan, se unen, se separan. Es un contacto fugaz (y, de acuerdo con David Kohn, en cierto sentido, una reorganización), que alude al aspecto no gradual de las dos especies al aproximarse y reemplazarse en el espacio (ñandúes) o en el tiempo (guanacos y edentados).

¿No es acaso ésta una forma de aproximarse a la afirmación contemporánea del reverendo Whewell de que "las especies tienen existencia real en la naturaleza y no existe relación entre ellas"? En las primeras notas escritas sobre la evolución, Darwin sugiere que las especies tienen existencia real en la naturaleza, pero que *sí* existe relación entre ellas. Casi un siglo después, se puso de moda la noción de especie como individuo, una moda iniciada por el biólogo experto en Darwin, Michael Ghiselin. De hecho, las especies tienen un nacimiento más o menos discreto (la especiación), tienen una historia y una muerte (extinción) inevitable. Es sorprendente que esa idea esté presente en las primeras anotaciones de Darwin referidas a la evolución, en las que se refleja su reacción frente a las ideas dominantes y, en especial, ante el hecho de que las especies presentan una gran estabilidad y discontinuidad cuando se estudian sus variaciones en la distribución espacial o temporal.

De pronto, la atención de Darwin se desvía hacia la geología. Pero como si necesitara desentrañar una idea molesta que queda sin resolver en la página 130, Darwin vuelve al tema del ñandú ("avestruz") con una nota breve en la página 153:

> Cuando se observan las dos especies de Avestruz. ciertamente diferentes. cambio notable. ¿Es imprescindible investigar la existencia de un antecesor común? ¿por qué dos de las especies más afines viven en el mismo país?

Aquí Darwin advierte la multiplicidad de especies. Si todas las especies se reemplazaran sin más unas a otras, con antecesores y descendientes que los siguen, no tendríamos la inmensa biodiversidad existente, que en la actualidad incluye como mínimo diez millones de especies. Pero hay una manera de explicar por qué no se aprecia una gradación entre las dos especies "muy afines". Si las dos descendieran de un antecesor común extinguido, las diferencias entre ambas podrían deberse a que cada una siguió un camino evolutivo distinto a partir de ese antecesor común.

En sus primeras notas, Darwin se enfrenta con interrogantes clave: ¿qué es una especie?, ¿cómo cambian las especies en el tiempo y en el espacio? Las respuestas cambiarían con el paso de los años, pero las ideas iniciales revelan que Darwin se ocupaba de problemas que le permitieran construir una idea del cambio evolutivo a partir de pronunciamientos filosóficos y observaciones empíricas sobre la aparente estabilidad de las especies.

Cuaderno B

Darwin comenzó a escribir el primer Cuaderno de la Transmutación en junio o julio de 1837 (la última fecha es la que estima Darwin; la primera ha sido propuesta por David Kohn, quien transcribió los Cuadernos B al E para la edición de Barrett). Ya le habían empezado a llegar los resultados de los diversos especialistas a quienes les había enviado muestras. Quizá las respuestas más notables fueron la del ornitólogo John Gould, según el cual los dos ñandúes eran especies diferentes, igual que los sinsontes de las distintas islas del archipiélago de las Galápagos. Además, el conjunto de pequeños pájaros negros con tonos verdosos de las islas, con toda su variedad de picos, no era una mezcla de distintos tipos de aves sino una serie de doce especies afines a los pinzones.

Darwin inicia el Cuaderno B con una especie de análisis "dialogado" de *Zoonomia*, de Erasmus Darwin, quien había explorado el territorio de las ideas evolucionistas. Cita o parafrasea un fragmento de la obra de su abuelo y luego escribe lo que piensa del tema. Primero trata la reproducción y la variación, y en la página 5 escribe: "Con esa tendencia a variar en cada generación, ¿por qué las espe-

cies son constantes en todo el país?". Así inicia una tensión entre la aparente constancia de las especies y la variación sutil que siempre se observa dentro de las mismas.[5]

En las páginas 6 a 8, Darwin escribe:

> Los gatos egipcios y los perros, los ibis, igual que con los anteriores pero si se separa un par y se lo lleva a una isla nueva. dudoso que permanezcan constantes… según esta postura, en islas separadas, deben diferenciarse si la distancia es grande y las circunstancias casi idénticas; tortugas de Galápagos, Sinsontes, Zorro de las Malvinas –Chiloé, zorro–, Liebre Inglaterra e Irlanda. Como creemos que las especies varían, en clima cambiante debería haber especies representativas; las encontramos en América del Sur, se acercan, pero cuando hay inosculación [es decir, se encuentran, pero dos especies sin variación gradual que se sustituyen entre sí], debemos suponer que el cambio se produce súbitamente, se crea algo así como variedad.

En esa instancia, Darwin todavía piensa que la sustitución abrupta de una especie por otra "afín" indica un proceso repentino de diferenciación entre las dos. El problema de la aparición de especies nuevas en áreas territoriales continuas (como el territorio continental de América del Sur) contrasta con la relativa facilidad de imaginar la divergencia evolutiva posterior al establecimiento de un macho y una hembra en una isla volcánica nueva. El aislamiento es un tema de gran importancia para Darwin y, aunque no siempre se le ha prestado la misma atención, los biólogos evolutivos aún lo consideran un factor clave para la generación y la conservación del cambio evolutivo. De hecho, la mayoría de las batallas que se han librado dentro de la biología evolutiva han visto dos bandos en pugna: el que sostiene que el aislamiento es un elemento primordial en el origen de especies nue-

5 Esa tensión no ha desaparecido, pues es un hecho ineludible de la organización natural. Ha sido el tema de estudio de un equipo de genetistas y paleontólogos con los que trabajo desde hace algunos años. Nuestro interés es analizar las causas por las cuales las especies permanecen estables durante tanto tiempo, dada la prodigiosa variación genética presente en las poblaciones locales. Trataremos el tema más adelante.

ZOONOMIA;

OR,

THE LAWS

OF

ORGANIC LIFE.

IN FOUR VOLUMES.

By ERASMUS DARWIN, M.D. F.R.S.

AUTHOR OF THE BOTANIC GARDEN.

Principiò cœlum, ac terras, campoſque liquentes,
Lucentemque globum lunæ, titaniaque aſtra,
Spiritus intùs alit, totamque infuſa per artus
Mens agitat molem, et magno ſe corpore miſcet.
VIRG. ÆN. vi.

Earth, on whoſe lap a thouſand nations tread,
And Ocean, brooding his prolific bed,
Night's changeful orb, blue pole, and ſilvery zones,
Where other worlds encircle other ſuns,
One mind inhabits, one diffuſive Soul
Wields the large limbs, and mingles with the whole.

VOL. I.

THE THIRD EDITION, CORRECTED.

LONDON:
PRINTED FOR J. JOHNSON, IN ST. PAUL'S CHURCH-YARD.
1801.

T. Benſley, Printer, Bolt Court, Fleet Street.

Portada de *Zoonomia*, de Erasmus Darwin. La idea de la evolución había sido propuesta por varios antes que Darwin, pero nadie había proporcionado la justificación científica, es decir, nadie había recopilado pruebas ni descubierto el mecanismo por el que actúa (la selección natural).

vas y el que considera que lo más importante son los procesos de cambio genético (mutación, cambios fisiológicos de origen genético), deriva génica y, en especial, la selección natural, que modifican las frecuencias génicas de las poblaciones. A veces, como comentaremos en el capítulo 5, la discusión se ha centrado en decidir si para la evolución es más importante el aislamiento o la selección natural.

En efecto, Darwin se pregunta cómo el aislamiento, que se reconoce sin dificultades en sistemas insulares como el de las Galápagos, puede ocurrir en vastas regiones continuas como la pampa sudamericana. En la página 16 escribe:

> Considero dos avestruces como argumento a favor de la posibilidad de ese cambio: en el tiempo podría ser igual que en el espacio. Como he dicho antes, al *aislar* especies con pocas modificaciones el cambio se verá antes. Causas de cambio desconocidas. Isla volcánica: electricidad Cada especie cambia, progresa. Adquisición de más ideas.

Si bien no lo comprendo en su totalidad, el párrafo me resulta fascinante porque representa las típicas anotaciones de una mente activa y fecunda que analiza todos los aspectos periféricos de la idea central. Las notas suelen ser así, pero aquí lo importante es que Darwin especula con que lo que observamos en los ñandúes que se continúan en el espacio puede ocurrir también en el tiempo (probablemente no haya un tercer ñandú, el antecesor común en este escenario, sino que un ñandú da origen al otro sin desaparecer). Y, por cierto, también aparece aquí la noción de "progreso", de "adquisición de más ideas"; se trata del progreso, el progreso humano, el progreso que *él mismo* experimenta a medida que adquiere ideas. Son unas pocas oraciones que muestran una dinámica vertiginosa. Se entiende, entonces, que Darwin haya llevado varios cuadernos (M y N) en simultáneo, ¡pues pensamientos tan ricos no cabían en un único cuaderno dedicado a la transmutación!

Luego Darwin descubre la metáfora del "árbol de la vida". Es el único diagrama (véase p. 109) que aparece en los Cuadernos de la Transmutación, aunque existen algunos esquemas previos. En los cuadernos dedicados a la geología, en cambio, abundan los esque-

mas de todo tipo. Darwin crea el árbol a partir de las observaciones de mamíferos sudamericanos extinguidos (p. 20):

> Podemos considerar que los megaterios, los armadillos y los perezosos provienen de un tipo más antiguo de una de las ramas en extinción… la tendencia al cambio, y a la multiplicación en aislamiento, requiere que mueran especies para que la cantidad **de formas** sea constante **pero existen razones para suponer que el número de formas es estable, debido a subdivisiones y cantidad de diferencias, así que las formas serían aproximadamente iguales en número**.[6] Los cambios no dependen de la voluntad del animal, sino de la ley de adaptación como los ácidos y álcalis –seres organizados que representan un árbol con *ramificación irregular*, algunas ramas con más divisiones– géneros, y muchos brotes terminales en extinción al tiempo que aparecen otros. [Darwin repite aquí un comentario realizado anteriormente en el Cuaderno Rojo.] No debe parecernos más extraña la muerte de las especies que la de los individuos.

El pasaje reproducido arriba es fascinante, repleto de ideas novedosas, nuevas formas de pensar la evolución. Quizá lo más importante sea que Darwin piensa en más ramas (especies) que aparecen como subdivisiones de una rama principal y que representan grupos de especies relacionadas, esto es, géneros. Eso es lo primero que comenta acerca de la forma: si la evolución (que haya antecesores y descendientes, que exista generación de una especie nueva a partir de una antigua) es real, ¿cómo ocurriría? Sería como un árbol, con ramas que salen de ramas más gruesas, más antiguas, que a su vez llegan hasta el tronco. Pero si observamos el primer bosquejo –y leemos que "El árbol de la vida debería denominarse el coral de la vida, una base de ramas muertas" (p. 25)–, notaremos que el ancho de las líneas es constante, no se vuelve más grueso en la base o "tronco", sino que aparece como una sucesión de especies individuales. Así, el diagrama se asemeja a lo que hoy denominamos una "red" y no tanto a un árbol.

6 De aquí en adelante, las negritas señalan anotaciones posteriores de Darwin.

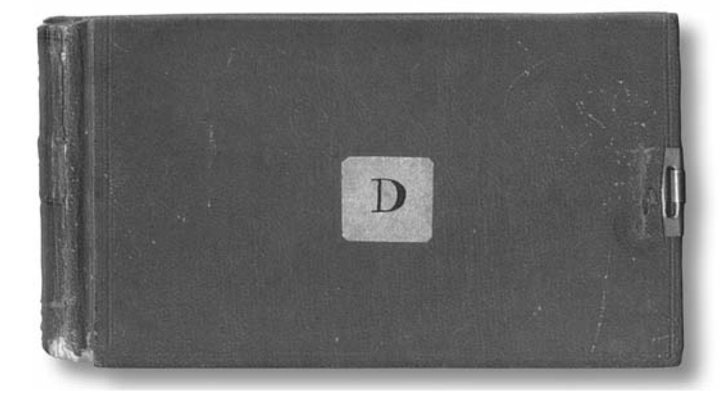
Dejando de lado la precisión gráfica, lo verdaderamente importante aquí es la lógica de Darwin. Ésta es la primera vez que, en sus escritos sobre la evolución, se pregunta sobre el concepto de "descendencia con modificación": si la evolución ha ocurrido, ¿qué tipos de características produce? No hay indicios de que Darwin haya planteado con anterioridad esas cuestiones relacionadas con lo que desde hace tiempo se conoce como sistemática filogenética. Entonces, tenemos aquí la primera expresión clara de su idea de que la estructura jerárquica de los sistemas de clasificación de Linneo y de unos pocos naturalistas pioneros del siglo XVIII es el resultado esperado del proceso evolutivo.

Ésta es la primera de las características que Darwin deduce de sus primeros principios. Es una modalidad de pensamiento que pronto aplicaría a todo su enfoque del tema. En ese párrafo, por primera vez (al menos de acuerdo con los escritos disponibles) Darwin abandona el reino de la intuición y da los primeros pasos en el mundo de la explicación de numerosos ejemplos similares por medio de una ley general.[7] Ésa fue su forma de trabajar durante la mayor parte del viaje en el *Beagle*, hasta que se animó a admitir que la vida había evolucionado. Una vez más, debo señalar que nunca he sabido de nadie tan consciente de cómo funciona su mente como Charles Darwin.

Sin embargo, este párrafo que menciona el árbol de la vida introduce un giro de 180 grados en todo el proceso intelectual. Al preguntarse cuáles son las características esperables si la evolución ha ocurrido, Darwin, que ya tenía una idea general, se traslada al campo del método hipotético deductivo. En la actualidad, es posible descubrir si la evolución ha ocurrido mediante la creación de árboles evolutivos y su verificación posterior a medida que se obtienen datos nuevos. Ésa es una de las grandes predicciones de la teoría de la evolución, que ha sido puesta a prueba en numerosas ocasiones, y una de las corroboraciones científicas de esa teoría. Las similitudes anatómicas entre el hombre y el chimpancé son evidentes, lo que nos permite predecir que las dos especies deberían compartir más ge-

7 Ésta es la forma de inducción intuitiva que los críticos (incluyéndome a mí y a Stephen Jay Gould, que nos referimos ampliamente a ella en nuestro trabajo sobre el equilibrio puntuado publicado en 1972) consideran imposible, erróneamente, desde el punto de vista psicológico.





Tapas de dos de los cuatro Cuadernos de la Transmutación de Darwin. El B es el más famoso, pues contiene el diagrama del árbol de la evolución (véase p. 125). En el Cuaderno D aparecen las primeras ideas de Darwin sobre la selección natural (véase p. 174).

nes que cualquiera de las dos con otras especies actuales. Por cierto, cuando se contó con los medios para realizar estudios genéticos de distintas especies, se hizo el experimento. ¿El resultado?: los humanos y los chimpancés comparten más de un 98 por ciento de genes, más que lo que comparte cada una de las especies con los gorilas, los monos, las ardillas, las ratas o las secuoyas.

Darwin también utiliza el término "adaptación" aquí, y agradezco a David Khon por sus notas, en las que explica que la adaptación no es la "voluntad de los animales" (una bofetada a Lamarck) sino

una ley física, lo que permite entender la alusión a los ácidos y a los álcalis en este pasaje, términos que, como afirma Kohn, "recuerdan a Erasmus Darwin". Aún nos encontramos en el ensayo inicial inspirado por la relectura de Darwin del trabajo de su abuelo. Pero Charles todavía no explica cómo se lleva a cabo la adaptación.

Eso no es todo: hay más elementos asombrosos, pues Darwin sostiene que la diversidad de especies debe mantenerse más o menos constante a través del tiempo. Ahora sabemos que la diversidad ha atravesado períodos de estabilidad, pero ha aumentado notablemente en ciertas épocas de la historia de la vida y ha caído abruptamente en otros momentos. Lo importante es que Darwin reconoce que debe haber algún límite impuesto por la naturaleza a la cantidad de especies ("formas") que pueden coexistir en un momento dado.

Me interesa destacar ese punto, porque Darwin todavía no había leído a Malthus. Cuando lo leyó, advirtió que había una cota natural a la cantidad de individuos en el seno de todas las especies, una lección que le permitió expresar la idea de la selección natural en el Cuaderno D. De todos modos, en el Cuaderno B, Darwin ya explora la posibilidad de que exista una meseta o una constancia promedio no sólo para los individuos de una especie sino para la cantidad de especies coexistentes. Como no pasa mucho tiempo hasta que llega a la conclusión de que, en buena medida, la extinción es la consecuencia de la competencia entre especies nuevas y viejas, se huele un tufillo a dinámica poblacional (superproducción/competencia) que lleva a Darwin a formular el principio de selección natural entre individuos de una misma especie. Dicho de otro modo, en un contexto ligeramente distinto, Darwin juega con las distintas variables y modos de pensar que al poco tiempo lo acercaron a la noción de selección natural.

Siguiendo nuestro recorrido por el Cuaderno B, encontramos a Darwin estudiando y respondiendo a Georges Cuvier, el paleontólogo y catastrofista francés, especialista en anatomía comparada. Después de advertirse a sí mismo que debe "leer la teoría de la Tierra" del francés con atención, Darwin responde:

> Cuvier objeta la (tran) propagación de las especies diciendo por qué no se han encontrado [sic] algunas formas intermedias. en-

> tre paleoterio, megalonix, mastodonte y las especies modernas–Bien, según creo, en América del S. el padre de todos los armadillos podría ser hermano del megaterio–un tío muerto.

En otra palabras, por medio de los antepasados comunes, la descendencia colateral y la extinción podría explicarse lo que Darwin vería como una objeción a "mi teoría", una objeción que él mismo plantearía una y otra vez a lo largo de los años haciendo uso de su famosa táctica de anticiparse a las objeciones de los críticos y estar atento a cualquier bache que ellos pudieran detectar en la teoría para, al menos, reconocerlo. A Darwin le incomodaban los huecos del registro fósil, un aspecto de la reorganización radical observada en el tiempo y en el espacio: lo que él llamaba inosculación.

Darwin no tardaría en advertir que el proceso evolutivo dejaba ver "gradaciones perfectas". En la página 85, señala:

> En ciertos órdenes inferiores, se encuentra una gradación perfecta de formas que indican géneros, en pasos tan poco definidos, que cada uno no revela más cambios que los que normalmente producen *variedades*. Entonces, todos los géneros PUEDEN haber tenido pasos intermedios –citar en detalle algunos ejemplos– Pero ése es otro tema, si han tenido lugar *todos* los pasos intermedios, en especial en las clases en las cuales las especies son escasas (nota: en las clases con pocas especies, ¿grandes saltos géneros más diferenciados? ¿Reptiles?) Por ejemplo, quizá nunca hubo gradación entre cerdo y tapir, de algún antecesor común. Si las formas intermedias hubiesen producido infinitas especies, es probable que la serie fuese más perfecta, porque en cada una hay probabilidad de organización.

Darwin ya no da por sentado que la progresión evolutiva entre especies ancestrales y sus sucesoras implica "inosculaciones" *per saltum*. Juega con la idea de que, al menos en grupos con muchas especies, puede haber gradaciones más o menos perfectas, no así en grupos con menos especies y brechas más amplias entre ellas (en términos de rasgos anatómicos, por ejemplo). Para este caso,

existe la posibilidad del antecesor común y la extinción, que proporcionan patrones de información faltante que explicarían esas brechas. Y (unas líneas más abajo), "ésta es la respuesta a Cuvier".

En estas páginas, Darwin usa el término "Creador" sólo en ocasiones, cuando se refiere con claridad a la distribución de animales y plantas y a sus cambios en el tiempo y en el espacio. El pasaje que sigue –sin duda, lo más cercano a un texto evolucionista que hubiese escrito hasta el momento– marca un hito en el uso que Darwin hace de la palabra "Creador". Es una especie de divisoria de aguas donde Darwin sale del armario y, en efecto, afirma que Dios puede ser la causa última de las cosas, pero que realiza su labor por medio de las leyes naturales, en las que él incluye aquellas que han actuado desde el origen de toda la historia de la vida. Vale la pena, al menos en mi opinión, citar estos párrafos críticos en su totalidad (B, pp. 98-104), aunque el que más llama la atención es el cuarto:

> La cuestión es que si un poder creador ha actuado en las Galápagos, lo ha hecho de tal forma que los pájaros con plumaje y tono de voz en parte de América del Norte y en parte de América del Sur y **distribución geográfica/división no son arbitrarios ni permanentes: esto puede ser muy potente. Si creemos que el Creador crea utilizando leyes, algo que pienso se observa en los hechos del carácter zoológico de estas islas** un halo vital tan permanente no puede residir en el espacio antes del nacimiento de la isla: esa influencia debe existir en tales sitios. Sabemos que los pájaros llegan y también la progenie
>
> Lo mismo se aplica a los animales fósiles del mismo tipo, la cubierta del armadillo –pasaje para vértebras del cuello, la misma causa, adaptaciones maravillosas y otros animales viven tan bien.–Esta perspectiva de propagación da. (ningún) escondite para muchas estructuras incomprensibles. pueden haber sido útiles en progenitor –o ser útiles– como las mamas en el ser humano–
>
> Cómo es que para aves caminadoras. como la lavandera. no nuevas en Galápagos –la fuerza creadora sabe que llegarán esas especies –creó esas clases con poca probabilidad de que pudieran

andar. Creó dos especies muy afines a Mus. coronata, pero no coronata –Sabemos que animales domésticos varían en los distintos países, sin razón aparente–

Los astrónomos podrían haber dicho que Dios ordenó a cada planeta que se moviera en su órbita particular –del mismo modo Dios ordena a cada animal creado con cierta forma que habite en cierto país, pero cuánto más simple y sublime sería un poder que permitiera que la atracción actuara según ciertas leyes cuyas consecuencias son inevitables. háganse los animales, luego por leyes inevitables de la generación así serán sus sucesores –que los poderes de transportación sean de tal modo que determinen las formas distintas en los distintos países –que los cambios geológicos ocurran a una velocidad determinada y de eso dependa la cantidad y distribución de las especies.

Darwin se entusiasma, y con razón, con su grandilocuente visión y extiende los límites de las leyes científicas desde las leyes físicas del movimiento aplicadas al universo hasta la historia de la vida sobre la Tierra. Es como un grito de guerra –que se grita sobre todo a sí mismo–, pues ahora simplemente debe avanzar y descubrir en qué consisten esas leyes. Muchos años después, casi al final de la vida de Darwin, su archienemigo, el detractor a muerte del evolucionismo Richard Owen, del Museo Británico de Londres, recordó que la biología aún necesitaba a su Newton, porque Darwin había adoptado el rango equivalente al de un físico menos encumbrado, como Laplace, por ejemplo. Darwin jamás habría dicho algo semejante, pero aceptó el desafío, y si debía haber un Newton de la biología, ése era Charles Robert Darwin, sin ninguna duda.

A medida que avanzan las páginas del Cuaderno B, Darwin otorga mayor relevancia a las características y a los mecanismos de la herencia en su búsqueda de una ley general, de un mecanismo que explicara por qué los organismos parecían amoldarse tan bien –estaban tan adaptados– a su ambiente y cómo esas adaptaciones podían modificarse con el correr del tiempo.

Darwin está a punto de llegar a su meta, aunque no se da cuenta de ello. En la página 146, deja constancia de unas estimaciones que

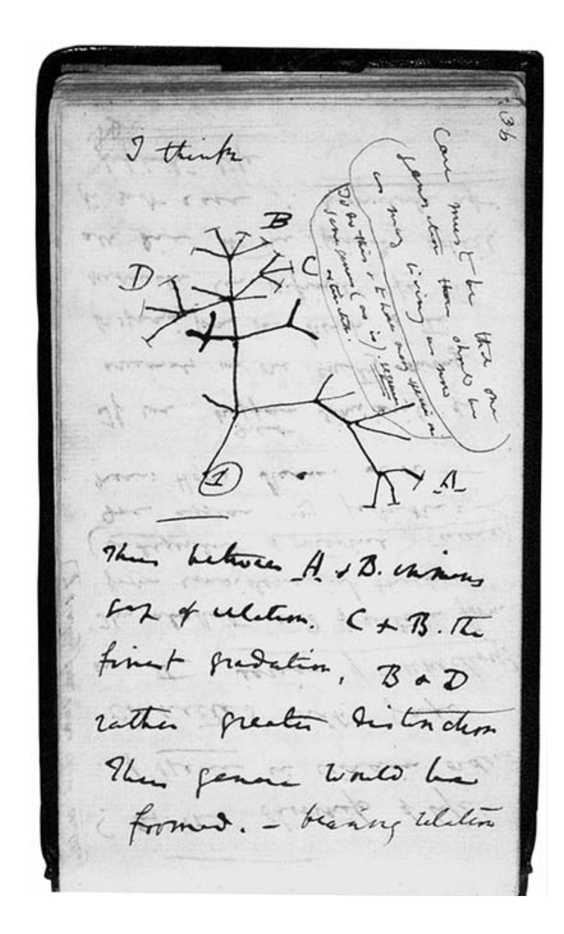
aún hoy resultan sorprendentes: "llegará un momento, aún distante, en el que sólo de algunos de los hombres del presente (de todas las razas) habrá descendientes [...]. ¿Las causas? Rechazo al matrimonio, enfermedades hereditarias, consecuencias de enfermedades contagiosas y accidentes". Darwin comienza a dar forma a estos cálculos suponiendo que la población es constante, y luego considera qué ocurriría si la población aumentara. La respuesta habitual es que desaparecen familias enteras debido a una serie de motivos accidentales y deterministas.

Darwin pasa de inmediato a otro escalón y asegura que las razas humanas *variables* también sufren esa clase de destino diferencial, y sugiere que tal afirmación es válida para todos los animales en tanto sirve para justificar la extinción de algunos grupos y la supervivencia de otros.

Esas ideas y estimaciones lo acercan cada vez más al principio de selección natural. Darwin se refiere a la variación (aunque explícitamente sólo entre razas humanas y, por extensión, a todo tipo de animales); habla de causas azarosas (accidentales) y no azarosas, que eliminan a una persona o raza o especie, de modo que, pasado un tiempo, sólo algunos de los que vivían en un momento determinado tienen descendientes en la actualidad. Por supuesto, Darwin no vincula estas cuestiones con los rasgos que pueden conferir beneficios diferenciales que favorecen la supervivencia y la reproducción. No obstante, en esas páginas se aprecia que Darwin ya manejaba los lineamientos generales de la teoría que constituyen el meollo de la selección natural.

A continuación, Darwin dedica varias páginas a notas de diverso grado de opacidad que expresan observaciones o notas referidas a la bibliografía sin vinculación expresa con temas muy significativos. Pero de pronto, en la página 209 apunta:

> La razón por la cual no existe una *gradación* perfecta en el cambio que experimentan las especies, ya que los cambios físicos son graduales, es que ocurre posteriormente al aislamiento (semillas que caen en el desierto) o a la separación por cadenas montañosas, etc. las especies no se han alterado *demasiado* y se cruzan (quizá con mayor grado de fertilidad) y así avanzan velozmente. especies o no [...].



Esquema realizado por Darwin que representa un árbol de la evolución con organismos relacionados. Se trata del primero de este tipo y aparece en la página 36 del Cuaderno B a continuación de una frase cargada de intensidad: “Me parece”.

> ¿Por qué las especies no se forman durante el ascenso a la montaña o la aproximación al desierto? Porque el cruzamiento de especies menos alteradas evita la adaptación completa esperable a continuación.

¡Qué afirmación tan moderna! Darwin quiere decir que el aislamiento de partes de una especie “que [aún] no se ha alterado *demasiado*” puede conducir al origen de especies nuevas. Pero eso no es todo: Darwin va más allá al sugerir que con el aislamiento se abre la posibilidad de una “divergencia abrupta” (véase el uso anterior del término “inosculación”), una idea que, en mi opinión, es muy moderna e interesante, si bien no es quizá la visión conven-

cional de la biología evolutiva contemporánea. Sin aislamiento –es el caso de la distribución de los animales y las plantas a distintas alturas en la ladera de una montaña o de las variedades de una especie cuando se aproxima a los márgenes del desierto–, habrá variación gradual y no surgirán especies nuevas.

Darwin enuncia con claridad lo que hace tiempo se conoce como especiación geográfica o alopátrica, un concepto fundamental para la biología evolutiva que lleva a preguntarse qué es una especie. Por fortuna, el interrogante se le ocurrió a Darwin, quien lo respondió de inmediato:

> En la última página, explico que entre Especies de países medianamente distantes, no hay prueba sino generación […] si especies de verdad y he aquí la importancia que los Naturalistas otorgan al rango Geográfico de las especies–
>
> Definición de Especie: por lo general, una especie conserva rasgos constantes junto con otros seres (animales) de estructura muy similar–Entonces las especies pueden serlo y aun así difieren poco en su aspecto externo. (p. 212)

Aquí, Darwin explica el concepto de especie biológica, término que en 1935 fue incorporado por Dobzhansky a la biología evolutiva moderna, si bien la idea suele asociarse con los textos de Ernst Mayr de la década de 1940. Una especie está constituida por individuos capaces de cruzarse entre sí, que comparten adaptaciones reproductivas que permiten que los individuos de distinto sexo se apareen si se da la oportunidad. Las especies son paquetes de información genética, enunciado que sigue siendo la mejor manera de definirlas.

En cierto sentido, las especies se definen como entidades naturales, paquetes de información genética en la naturaleza. El problema es reconocerlas cuando se está frente a ellas, y es eso precisamente lo que plantea Darwin al comienzo del pasaje citado: ¿cómo se puede saber si dos especímenes de "países medianamente distantes" pertenecen a especies distintas o son sólo "variedades", es decir, variantes de la misma especie? Especialmente porque, como nota Darwin (recurriendo a un ejemplo hipotético de dos especies casi idénticas de carrizos que viven juntas y que no he incluido en la úl-

tima cita), dos especies pueden ser casi idénticas y estar separadas reproductivamente. El problema es cómo se puede estar seguro acerca de la condición reproductiva de poblaciones que viven en lugares distantes, una pesadilla para quienes desean estudiar con la mayor precisión posible el "verdadero" número de especies emparentadas que viven en "países medianamente distantes".

Sin embargo, tal y como señala Mayr en su libro *Systematics and the origin of species* (1942), la distinción entre las verdaderas especies y las "meras" variedades en una región geográfica es un regalo del cielo para los evolucionistas. Esa clase de espectro entre variedades y verdaderas especies proporciona los eslabones perdidos que Darwin estaba empezando a buscar (aunque sólo para sí mismo) en sus cuadernos de anotaciones y que pronto descubriría y explotaría.

Por el momento, Darwin piensa que si su teoría es verdadera (p. 224), "obtenemos una historia horizontal de la Tierra de los últimos tiempos", un tema sumamente sutil y complejo. Es el motivo por el cual los sistemáticos pueden escribir la historia de la vida en la Tierra sólo observando las especies vivientes, una historia que si bien no toma en cuenta las especies extinguidas capta la diversidad y las relaciones entre seres vivos con gran precisión. Esas ideas nos llevan a "creer que el mundo es más antiguo de lo que *piensan* los geólogos". Y fue Darwin el geólogo, cuando finalmente publicó su teoría, quien hizo mucho más que nadie hasta mediados del siglo XIX por establecer el correcto orden de magnitud del tiempo geológico.

¿Adónde más conduce su "teoría"? "A conocimientos de qué clase de estructura puede pasar de uno a otro" (pp. 226 y ss.). Y "con creencia de <cambio> transmutación & agrupación geográfica hemos de descubrir las *causas* del cambio: los modos de adaptación [...]. Mi teoría daría impulso a la Anatomía Comparada del registro fósil y conduciría al estudio de los instintos, la herencia y la herencia de la mente, la metafísica en su conjunto [...]", y mucho más.

En 1838, Darwin estaba a punto de completar el Cuaderno B, cuando escribió (p. 239) que "un cambio gradual sólo puede descubrirse geológicamente (& entonces imperfecto como monumentos) u horizontalmente & entonces la fertilización cruzada evita la

perfección del cambio", un reconocimiento temprano de la imperfección del registro fósil, que destruye los restos de las "series con gradaciones pequeñas", mientras que el entrecruzamiento tiende a distribuir los patrones de variación en el espacio. Darwin ya había notado que la fertilización cruzada tiende a contrarrestar los patrones de variación geográfica, de modo que, a veces, las especies tienden a permanecer "constantes" a lo largo de grandes distancias. Esa tensión entre diferenciación y homogeneización –un tema tratado desde un principio por Wallace en el manuscrito que envió a Darwin en 1858– es un tópico importante en las notas, los manuscritos y los libros posteriores. Y la alusión de Darwin a un registro fósil pobre ("imperfecto como monumentos") estaba destinada a transformarse en un componente de la presentación de sus ideas y las objeciones en su contra.

Una nota final: en la página 278 (de un total de 280), Darwin, inexplicablemente, dice: "La producción de variedades no ocurre *per saltum*". La página anterior está en blanco. No tengo idea de por qué "*per saltum*" aparece otra vez, pues, por lo demás, Darwin parece estar o bien tras el gradualismo, o bien buscando razones por las que lo descartaría. Por otra parte, en marzo de 1838, quizá no estaba totalmente decidido a descartar su primer escenario evolutivo: el origen de una nueva especie (aunque él, sorprendentemente, habla de "variedades") *per saltum* implica patrones de reemplazo geográfico y geológico; en otras palabras, la inosculación.

Cuaderno C

El Cuaderno C se inicia en marzo de 1838 y acaba a fines de junio de ese año. En él hay principalmente comentarios de los viajes de otros zoólogos y aspectos del destino de lo que hoy podríamos llamar "información genética" en el proceso de cría, a juzgar, claro está, estrictamente por la heredabilidad de los rasgos físicos de los organismos en cuestión. Como un presagio de lo que diría Wallace en su manuscrito, en el que sostenía que, a diferencia de lo que ocurre con los animales domésticos, en los cuales es frecuente la "reversión al tipo original", debe haber una fuerza que se resista a esa reversión entre los organismos salvajes, Darwin escribe:

> Hete aquí la parte de naturaleza más hipotética de mi teoría: para dos variedades separadas por muchos años, será difícil cruzarse. Así debe considerarse el argumento, pues en estado salvaje [...] los animales MUY distintos no se cruzan. –Vemos incluso en variedades domésticas una tendencia a revertir a la raza anterior, que evidentemente tiende a lo mismo, como la ley de hibridación, es decir los animales se unen [las páginas no están, pero aparentemente sigue en la p. 33], todo el cambio que se ha acumulado no puede transmitirse, y de ahí la tendencia a revertir a las formas parentales, & la mayor fertilidad de los híbridos con sus padres que entre dos híbridos (p. 30).

Darwin continúa con su razonamiento, diciendo que las variedades más consolidadas producirán híbridos entre ellas, pero no variedades nuevas, un enfoque algo diferente al de sus ideas anteriores sobre las inosculaciones. Aquí, él considera que las "variedades" pueden volverse más estables y así aproximarse a la condición de especie verdadera sin que sus individuos pierdan la capacidad de cruzarse con los de otras variedades emparentadas.

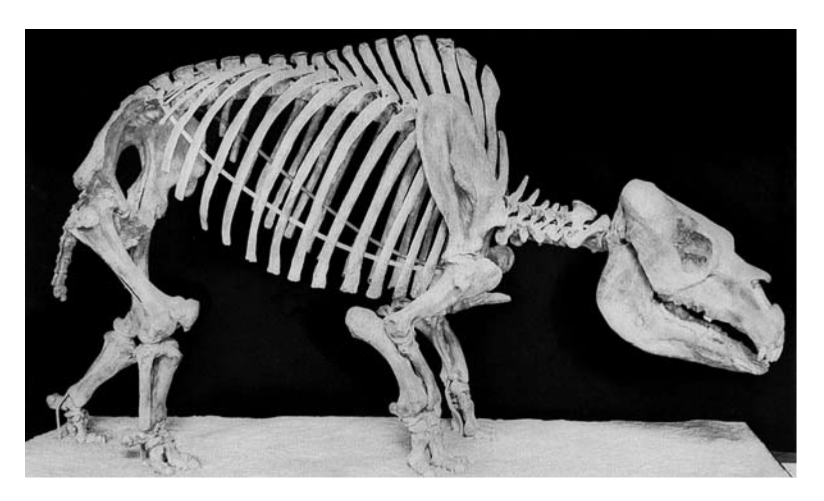
Aun así, casi todas las primeras páginas del Cuaderno C abundan en menciones específicas de hechos aislados y observaciones tomadas de la bibliografía, con algunas consideraciones breves de ciertos aspectos de su "teoría". Luego, en la página 52, Darwin vuelve a relacionar la noción de fertilidad (o, más bien, de la falta de fertilidad) con la estabilidad y el cambio:

> La infertilidad de los cruzados es un método de la naturaleza para evitar la selección de monstruosidades que hace el Hombre –Uno se siente tentado a exclamar que la naturaleza, consciente del principio de cambio incesante en su descendencia, ha elaborado todo tipo de planes para asegurar la estabilidad; pero al aislar la especie, su plan se frustra o surge un nuevo principio.

Cada tanto, Darwin manifiesta una leve "crisis de fe" transcribiendo algún enunciado que refleja la otra postura, la que defiende la estabilidad y el creacionismo con el que él mismo había comulgado y que a veces sentía como tan propio que necesitaba un cambio radi-

Extracto de la carta escrita por Darwin a Hooker en 1844, en la que el autor alude a las pistas evolutivas que había observado diez años antes a bordo del *Beagle* y luego, casi contra su voluntad ("siento como si confesara un crimen"), revela sus ideas evolucionistas. Hooker y Lyell fueron las primeras personas, exceptuando a la familia del naturalista, en enterarse de las conclusiones de Darwin.

cal de paradigma para volver a la perspectiva de desarrollo evolutivo. "La dificultad extrema para hacer el seguimiento del cambio entre especies <<aunque vemos que están afectadas>> nos tienta a pensar en creaciones separadas–" (p. 64). Está pensando en desviaciones como las de los pinzones carpinteros. Una vez más, Darwin demuestra que siempre le ha interesado ser el primero en descubrir las dificultades y los puntos débiles de su teoría.



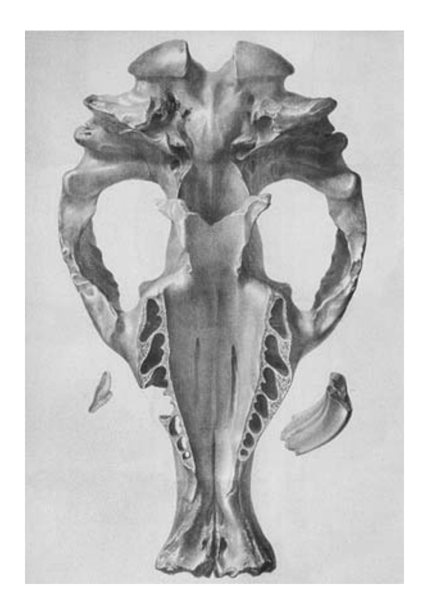
Toxodon, mamífero sudamericano extinguido. Darwin creía erróneamente que el *Toxodon* estaba emparentado con la capibara, el roedor vivo de mayor tamaño, y que, por lo tanto, constituía otro ejemplo del reemplazo de especies, junto con el de los gliptodontes y los perezosos.

En la página 70, Darwin retorna a la escala móvil de las variedades/especies verdaderas en una región geográfica (y es aun más explícito):

> Entonces, está ampliamente aceptado que la discriminación de especies es empírica. **mostrar esto por casos** –Una vez reconocida mi teoría, & el estudio de especies de países remotos., quizá sirva para encontrar leyes de cambio de organización.

Y en las páginas siguientes, valiéndose de una apasionada retórica, Darwin explica la relación entre el "Hombre" y el resto de los productos de la Naturaleza. En un momento compara el comportamiento del orangután (recién llegado al Zoológico de Regent's Park) con el de los pueblos salvajes.

No obstante, el Cuaderno C abunda en notas y referencias a casos y ejemplos tomados de la obra de otros naturalistas, como si Darwin estuviese decidido a dejar de lado la "inducción" como método para descubrir las pautas y encontrar las claves que buscaba (en un principio, las había tomado de unos pocos ejemplos) y a apoyarse

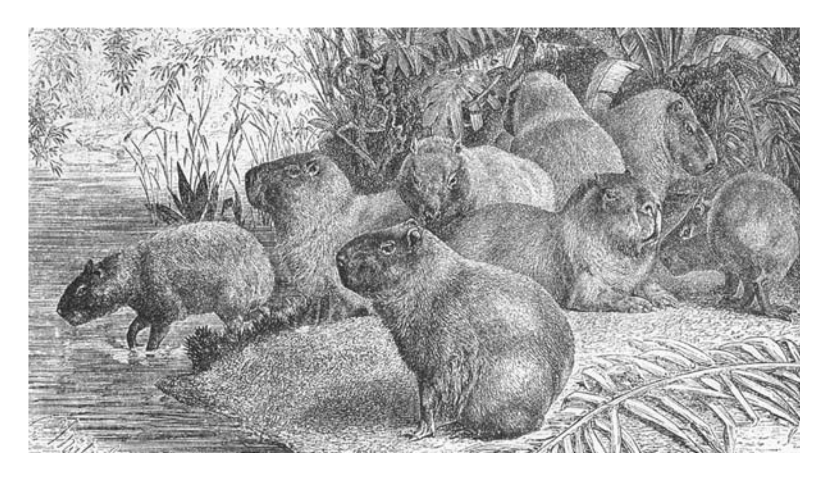


Dibujo del cráneo de un *Toxodon* recolectado por Darwin. Richard Owen describió al *Toxodon* e hizo dibujar el espécimen para su monografía sobre los mamíferos fósiles recolectados en el viaje del *Beagle*.

en la simple enumeración de datos de todos los organismos del planeta, que le proporcionarían pautas irrefutables. Con todo, en la página 106, Darwin introduce una afirmación interesante acerca de la analogía entre las "variedades" domésticas y las salvajes: "Dos grandes clases de variedades.; una donde la prole selecciona, otra donde no. –en esta última son el hombre y la naturaleza los que seleccionan; pero no puede ser contrarrestada por el Hombre". Mientras busca el mecanismo, Darwin demuestra que su "mente está preparada", pues la selección natural, una vez descubierta, realizará la "selección" que en la oración citada está reservada a los criadores.

El siguiente pasaje digno de mención aparece en la página 123. No se relaciona con la teoría científica de Darwin en sí sino con su posible importancia, y con lo que *él debería hacer al respecto*:

> Mencionar la persecución de los primeros Astrónomos –luego, añadir que la principal virtud de los científicos es hacer avanzar la ciencia unos años por delante de su tiempo. (distinta es la situación de los hombres de letras.–) recordar que si ellos *creen* & no dan a conocer aquello en lo que creen, retrasan el progreso, como aquellos cuya opinión creen que ha favorecido una causa verdadera.

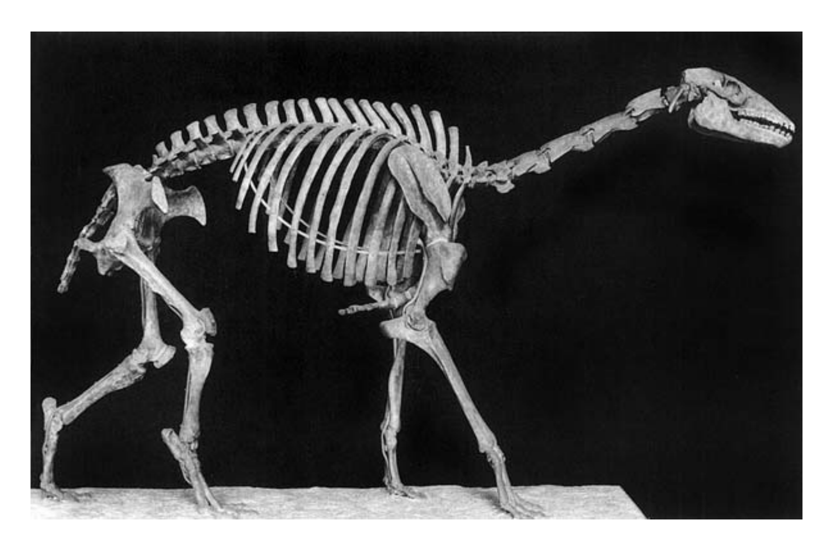


Capibaras, los roedores sudamericanos gigantes que Owen consideró erróneamente como la especie que sustituyó al *Toxodon*.

Lamentablemente, Darwin no tuvo en cuenta su propia exhortación, y sólo cuando se enfrentó a una posible calamidad (la llegada del manuscrito de Wallace, en 1858, veinte años después de la escritura del párrafo anterior) tuvo el coraje de ser fiel a sus convicciones respecto de hacer avanzar la ciencia "unos años" teniendo fe en sus propias teorías. Los cuadernos no salieron a la luz, por supuesto, y el pasaje citado fue un intento privado de juntar coraje.

La oración siguiente (p. 124) también se aleja un poco del desarrollo de las ideas centrales de Darwin, pero constituye un excelente ejemplo de cómo funciona una mente creativa en sus momentos más fecundos. En los Cuadernos de la Transmutación hay varios párrafos en los que Darwin observa aspectos relacionados con la evolución que no habían sido estudiados o cuya importancia sólo fue reconocida después de décadas o incluso siglos. Pocas veces se le atribuye a Darwin reconocimiento alguno por ello, ya que son temas sobre los que él no se ha explayado en publicaciones posteriores o que han quedado ocultos bajo los montones de ideas que suelen asociarse con la producción intelectual de Darwin.

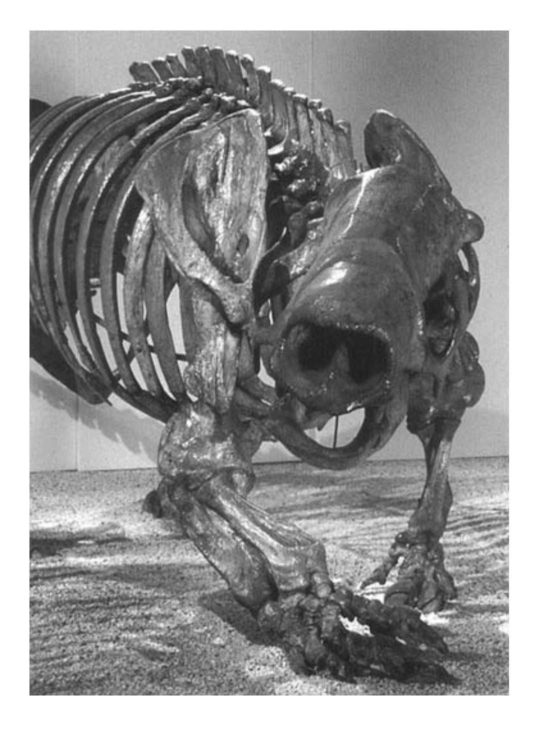
En concreto, la frase es ésta: "Es fundamental demostrar que las costumbres a veces preceden a las estructuras", es decir que los cambios de comportamiento muchas veces aparecen antes que los ana-



Macrauchenia, mamífero extinguido sudamericano parecido a los camélidos. Darwin recogió algunos huesos de *Macrauchenia* durante la travesía a bordo del *Beagle*. Richard Owen pensó que este animal pertenecía a la familia de los camélidos (y, por lo tanto, estaba emparentado con la llama y el guanaco). La idea, según se aprecia en las primeras anotaciones del Cuaderno Rojo, fascinó a Darwin porque proporcionaba un ejemplo más de la sustitución de especies extinguidas por "formas afines" emparentadas. Estudios posteriores demostraron que la *Macrauchenia*, aunque similar a los camélidos en su aspecto (evolución convergente) era, en realidad, miembro de un grupo extinguido de mamíferos sólo conocido en América del Sur y sin relación alguna con los guanacos.

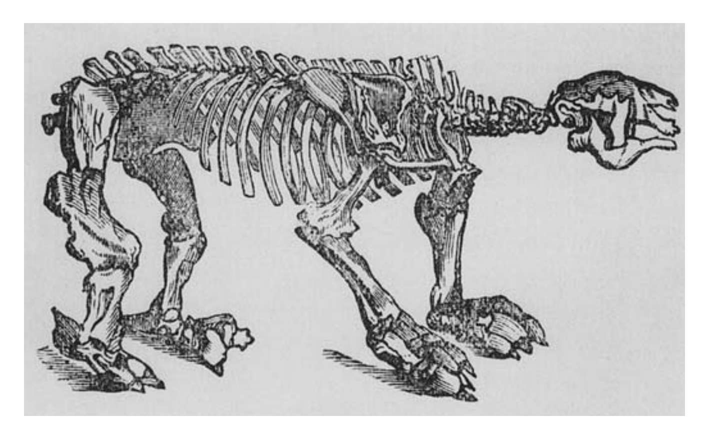
tómicos. El fenómeno es real y no se le había dado importancia quizás hasta que Ernst Mayr comenzó a estudiarlo en profundidad en la década de 1970.

Darwin continúa con sus comentarios sobre diversos temas entre los que no hay relación aparente (a los ojos del lector): el hecho de que los híbridos se forman con mayor facilidad entre especies nuevas que entre especies que se han separado hace tiempo (p. 135); la cuestión de que la clasificación refleja la descendencia; y el interesante asunto de que si las especies fósiles hubiesen evolucionado más lentamente, los geólogos quizá tampoco encontrarían evidencia para reforzar la teoría del cambio gradual. Pero en la página 153 hay otro pasaje que contiene elementos de ese elusivo mecanismo causal, la selección natural:



Glossotherium, uno de los perezosos gigantes terrestres extinguidos. Darwin tenía conocimiento del *Megatherium* fósil y pensó que muchos de los huesos fósiles que había recolectado en el viaje pertenecían a ejemplares de esos mamíferos edentados. En la actualidad, viven dos especies de perezosos en América del Sur. Frente a estos ejemplos, Darwin volvía a preguntarse por qué los edentados sólo se encuentran en esa región americana y por qué las especies extinguidas de perezosos fueron reemplazadas por otras similares.

Como los cambios estructurales ocurren <<necesariamente>> con extremada lentitud, se integran con firmeza a la constitución del organismo, con otras diferencias en las variedades <<hechas por>> la Naturaleza y el Hombre. –Siendo la constitución heredetaria [sic] & fija, en determinado momento, ciertos cambios físicos ya no son aptos y el animal no puede cambiar con la rapidez necesaria & muere.–



Dibujo que representa un perezoso gigante terrestre, el *Megatherium*, conocido ya en los círculos científicos de la época de Darwin.

Además del uso del término “no aptos”, aparece aquí una forma general de selección: la extinción de un linaje completo cuando no se adapta a un entorno que sigue variando, debido a los cambios acumulados en la constitución “heredetaria & fija”. Todo lo que Darwin tenía que hacer era aplicar esa línea de pensamiento hilando más fino y referirse, entonces, a la supervivencia relativa de variantes dentro de cada población reproductiva con el paso del tiempo. Así hubiese llegado a la selección natural. No obstante, estaba sólo a unos pocos meses de alcanzarla.

En la página 175, Darwin menciona por primera vez el problema de la complejidad. Es el exquisito problema de la complejidad del ojo humano. Aquí Darwin sólo reconoce su existencia, pues está ocupado catalogando argumentos contrarios a su teoría y armando una defensa empírica imbatible de la evolución (mientras seguía en busca de sus causas):

> Quizá nunca podremos conocer las etapas por las que ha pasado la organización del ojo, desde una más simple a otra más perfecta. conservando sus relaciones. –la maravillosa capacidad de adaptación dada a la organización. –Quizás ésa sea la mayor dificultad de toda la teoría.– [A continuación de este conciso enunciado, Darwin afirma: “Hay una raza de gatos sin cola cerca de Bath,

Lonsdale", lo cual es una muestra de la textura quijotesca y el tono impulsivo de los cuadernos.]

El resto del Cuaderno C está formado por el hoy conocido conjunto de cavilaciones y notas sobre la bibliografía, ninguna dedicada tan explícitamente a temas centrales de la teoría de Darwin, en el estadio en que se encontraba en esa época, como los pasajes citados anteriormente. Darwin concluye el cuaderno con una enorme lista de libros "con referencia a las Especies" que ya había leído o que pensaba leer. En la lista están *Principios de geología*, de Lyell, por supuesto, y también *History of the inductive sciences*, de Whewell, y *Preliminary discourse on the study of natural philosophy*, de Herschel, inclusiones reveladoras si las hay. Los tres figuran como ya leídos, aunque Darwin no hace ningún comentario acerca de ellos, sólo los cita entre otros títulos más especializados.

Cuaderno D

Darwin inició este cuaderno a mediados de julio de 1838 y lo terminó tres meses después, en septiembre u octubre. El ejemplar es conocido por contener las primeras notas sobre la selección natural (se inician en la página 134 de un cuaderno de 180 páginas). Aunque saltar directamente a esa página resulte tentador, no podemos pasar por alto las joyas que Darwin nos ofrece en las páginas anteriores.

Como los cuadernos previos, éste comienza con algunas observaciones inconexas. Así y todo, Darwin presta especial atención a ciertas peculiaridades reproductivas y a la distribución de rasgos de distintos tipos de híbridos y otros cruzamientos inusuales. En la página 15, por ejemplo, considera la esterilidad del híbrido en el caso de la mula. Y en la página 26, se regocija con esta aseveración: "La mía es una teoría audaz que trata de explicar o asegura que pueden explicarse todos los instintos animales".

Más audaz aun (pp. 36 y ss.) es su brusco alejamiento de Dios el Creador en lo referente a la historia de la vida:

16 de agosto [1838] –Qué visión magnífica se puede tener de las causas Astronómicas <& desconocidas> del mundo, modificadas

> por otras desconocidas. cambios en la geografía & cambios climáticos sobrepuestos a cambios del clima a partir de causas físicas. –éstos inducen cambios de forma en el mundo orgánico como adaptaciones. & esos cambios interactúan, & los organismos, por ciertas leyes de armonía se mantienen perfectos en ellos. –los instintos se alteran, se forma la razón, & el mundo se puebla de Miríadas de formas diferentes desde un período breve de eternidad hasta el presente y el futuro –Cuánto más magnífica que la idea proveniente de una pobre imaginación según la cual Dios creó (enfrentándose a las leyes que él mismo estableció para toda la vida natural) los Rinocerontes de Java & Sumatra, que desde el silúrico él ha formado una larga sucesión de pobres animales Moluscos –Cuán por debajo de su dignidad, de quien habría pronunciado hágase la luz y la luz se hizo.

Vale la pena recordar que no se trata sólo de un golpe a la antigua cosmología judeocristiana, que *era la única teoría disponible como alternativa a la evolución*, y por lo tanto la comparación es justa. Las ideas de Darwin, abreviadas aquí como los cambios que sufren los organismos al adaptarse a cambios geográficos o climáticos o a las demás especies –un esbozo de la idea de coevolución en el tiempo geológico– eran más coherentes. Representan un resumen muy general de la teoría de Darwin hasta ese momento, una teoría a la que aún le faltaba el mecanismo: ¿cómo ocurren las modificaciones ante el cambio ambiental constante?

Volviendo a temas familiares (pp. 51 y ss.), Darwin hace hincapié una vez más en que el sistema general de clasificación refleja afinidades reales, lo que hoy denominaríamos relaciones filogenéticas. Luego, en la página 53, pasa a un tema que está presente desde los primeros apuntes del Cuaderno Rojo: los patrones de reemplazo de especies muy afines son similares –y deben entenderse de la misma forma– en el tiempo y en el espacio: "NB. ¿Cómo pueden distinguirse especies locales como las de las Galápagos., de especies temporales como las de dos formaciones? ¿No es posible?".

Estamos a punto de llegar a la tierra prometida: las primeras insinuaciones de Darwin acerca de la selección natural. Pero no puedo resistirme a señalar un último pasaje anterior que, otra vez, nos

muestra a un Darwin que, más que nadie que yo recuerde, era consciente de sus procesos intelectuales. Su espíritu analítico está a pleno cuando afirma en la página 67:

> Aunque no se obtiene ningún dato nuevo de esos pensamiento(s) en parte verdaderos, son de gran utilidad para el fin de la ciencia, es decir, la predicción. –hasta que los datos no estén agrupados. & denominados. la predicción es imposible. –La única ventaja de descubrir leyes es predecir qué ocurrirá & descubrir la relación entre datos aislados.

Darwin representa al típico científico de su época y es un modelo para los científicos del presente. Estaba abierto a la intuición y al método inductivo hasta que lograba cristalizar y generalizar las ideas mediante la formulación de leyes, añadir más ejemplos para dar solidez a las generalizaciones y luego ver qué otras observaciones se seguirían como predicciones que pudiesen utilizarse para poner a prueba las generalizaciones y las hipótesis relacionadas. Yo diría, además, que con "predicción" Darwin no se refería a predecir el futuro de la evolución o de tal o cual linaje, sino a qué esperaríamos encontrar si la noción de la evolución fuese verdadera.

Y finalmente, hemos llegado a una parada en nuestro viaje por los cuadernos: la parada Galápagos de las anotaciones, cuando Darwin comienza a elaborar el concepto de selección natural. Es que después de casi setenta páginas de datos y especulaciones (sobre la herencia en su mayoría), y con las lacónicas exclamaciones de ideas que valen oro entre otros pasajes más prosaicos, Darwin escribe en la página 134:

> Día 28 [septiembre de 1838] no dudo que hasta que lo meditamos profundamente, suponemos que el aumento de animales es exactamente proporcional a la cantidad que puede vivir. –No deberíamos pensar en cambios en número de especies, en cambios en la naturaleza de la localidad. Ni Malthus DeCandoelle,[8] con su

8 Alphonse de Candolle (1806-1893), botánico y biogeógrafo francés. Darwin escribe mal el nombre.

> vehemente estilo, propone la lucha de las especies como inferencia a partir de Malthus –aumento de bestias se evita sólo con frenos efectivos. excepto que el hambre puede obstaculizarlos. En la Naturaleza la producción no se incrementa, no predominan los controles, salvo el del hambre y la muerte en consecuencia.
>
> La población en crecimiento geométrico en un PERÍODO MENOR a veinticinco años –y hasta la sentencia de Malthus nadie había percibido con claridad entre los hombres el gran freno– Con unos pocos años de abundancia crece la población humana, & una cosecha regular. lleva a la escasez en Primavera, como el alimento utilizado con otros propósitos como el cereal para fabricar brandy. Si consideramos a Europa en general, todas las especies deben tener el mismo número de muertos, año tras año, por los halcones, el frío, etc.–, hasta la disminución en número de una especie de halcón tiene efecto instantáneo sobre el resto. Debo decir que es una fuerza equivalente a cien mil cuñas tratando de hacer fuerza en todas las estructuras adaptadas en los huecos de la economía de la Naturaleza, o formando huecos quitando las más débiles. La causa última de todas estas cuñas debe ser la elección de la estructura adecuada & adaptarla al cambio –hacerlo, por forma, y Malthus lo muestra, es el efecto final (aunque por medio de la volición) de esa gran cantidad de población en la energía del Hombre.

He aquí el mecanismo que buscaba Darwin. Sin embargo, no exclama "eureka", y pronto vuelve a sus anotaciones sobre cría de híbridos y otros datos y observaciones independientes tomados de la bibliografía y de lo que otros le decían. No toma el mecanismo causal que ha encontrado y se dedica a él; no todavía. Pero debe haber seguido pensando en esa idea desde el otoño de 1838 en adelante, pues cuando inicia el Cuaderno E, en octubre de ese año, retorna a Malthus.

Cuaderno E

Darwin ya tiene el mecanismo al alcance de la mano: la selección natural (aunque, aparentemente, no le dio ese nombre sino hasta

Sketch, el ensayo publicado en 1842). El efecto del hallazgo en toda su teoría se observa de inmediato en el Cuaderno E, aunque el tono pierde resonancia por las numerosas notas sobre diversos temas recogidos de los libros consultados. Las ideas y los rumbos novedosos suman unos pocos párrafos ocasionales. En ese sentido, el Cuaderno E es similar a los anteriores.

Pero en éste vemos cómo Darwin examina su mente para descubrir las implicaciones de la selección natural. Por primera vez, piensa en la naturaleza y en la importancia de la variación: la selección necesita actuar sobre las diferencias entre organismos de una misma especie que compiten entre sí. Hasta ahora, muchas de sus reflexiones se centraban más en las pautas hereditarias (parecido de la prole a sus abuelos, por ejemplo) que en la variación, que, desde la nueva perspectiva malthusiana, cobra una importancia que antes no tenía.

Asimismo, Darwin advierte que la analogía entre el trabajo manual de los criadores de animales domésticos (tarea que luego recibió el nombre de "selección artificial") y la selección en la naturaleza puede utilizarse como ejemplo: los criadores obtienen resultados sorprendentes en pocos años, así que hay que pensar en cuánto más puede lograrse con el proceso análogo en la naturaleza, dada la enormidad del tiempo geológico. De hecho, en ciertos pasajes del Cuaderno E Darwin se maravilla de la increíble longitud del tiempo geológico.

Además de descubrir todo un nuevo panorama para la investigación, Darwin da los primeros pasos en dirección a lo que pronto se transformaría en su distintivo enfoque de las "claves" ("patrones") que lo llevaron a adoptar la idea de la evolución. A poco de adoptarlas, lógicamente, trata de derivarlas *ex post facto*, no sólo a partir de la idea de la "descendencia con modificaciones" (qué esperamos ver si la evolución es "verdadera"), sino *de la propia selección natural*. La evolución está a punto de convertirse en sinónimo de selección natural en la mente de Darwin. Y aquí, en el Cuaderno E, Darwin se va acercando a una nueva perspectiva desde donde analizar los patrones originales.

El primer patrón al que Darwin dirige su atención bajo esta nueva luz es el patrón de cambio –o, mejor dicho, de la perturbadora falta

de cambio– visible en el registro fósil. Darwin, como ya hemos visto, estaba algo preocupado por la estabilidad de las especies fósiles, pues, por otras razones, su postura pasó del saltacionismo al gradualismo. Según Darwin, la selección natural requería un ritmo de cambio muy lento y gradual. Aquí empieza la famosa serie de notas en las que manifiesta su angustia porque el registro fósil está tan plagado de huecos ("como un libro al que se le han arrancado páginas", como pone en el Cuaderno D) que la falta de coincidencia con las predicciones derivadas de la selección natural se puede pasar por alto sin inconvenientes.

Darwin inició el cuaderno en octubre de 1838 y terminó de escribirlo en julio del año siguiente, pero se ensañó con él a finales de 1856. De acuerdo con David Kohn, 28 de las 39 hojas arrancadas por el propio autor ahora se han encontrado e incorporado en la versión publicada.

En la página 3 (las primeras dos no se han encontrado), Darwin cita a Malthus, que sostiene que las causas de las oscilaciones en el tamaño de la población son "tan constantes como las leyes de la naturaleza". Pero él (Darwin) "… aplicaría el concepto no sólo al poblamiento & despoblamiento sino también al exterminio & producción de nuevas formas…".

Luego vuelve a la idea, de la que está cada vez más convencido, del cambio gradual, y una vez más revela cuán consciente es de cómo funciona su mente (pp. 4-5):

> Octubre, 4. No puede objetarse a mi teoría que la cantidad de cambio en el marco de los tiempos históricos haya sido pequeña,[9] porque el cambio en las formas es sólo la adaptación de toda una raza a algún cambio en las circunstancias; ahora sabemos cuán lento e imperceptible es el avance de esos cambios…
>
> Quienes han estudiado en profundidad la historia del mundo, & conocen la cantidad de cambio que está produciéndose en la actualidad, serán los últimos en objetar la teoría con el argumento

9 Éste es el problema presentado por los animales embalsamados y las pinturas que representan la fauna del Antiguo Egipto, que Darwin trata en el Cuaderno B, pp. 6-8.

> de que ha habido poco cambio. –por el contrario, las islas separadas con algunos animales, etc. –si pudiera mostrarse que el cambio es más rápido, yo diría que hay relaciones en nuestra cadena de razonamiento geológico, extremadamente imperfecto.
>
> *La dificultad de los efectos multiplicadores & concebir el resultado con esa claridad de convicción, absolutamente necesarios pues la piedra fundacional del razonamiento inductivo posterior es inmensa.* [Las cursivas son mías.]
>
> Llama la atención que la geología, por ofrecer las ideas adecuadas para estos temas. sea *absolutamente* necesaria para llegar a la conclusión correcta respecto de las especies.

Entonces Darwin sabía a lo que se enfrentaba al recrear sus pautas evolutivas a la luz de los resultados esperados partiendo de sus ideas sobre la evolución basada en la selección natural.

Más adelante, se refiere al registro fósil con mayor dureza:

> Mi teoría necesitaría que cada forma haya durado un tiempo: pero deberíamos hallar algún cambio en el mismo lecho, si tiene gran espesor, en las capas superiores e inferiores. –buena objeción a *mi teoría*: un lecho moderno podría tener gran espesor & aun así contener los mismos fósiles. Lonsdale no conoce algún caso de cambio en serie vertical. (p. 6)

En otras palabras, Darwin esperaba que las especies permanecieran más o menos inalteradas mientras las condiciones externas (o el medio ambiente) no se modificaran y las especies estuvieran bien adaptadas a las condiciones originales. Pero reconoce que en muchos lechos de gran espesor debería haber *algún* cambio visible entre los fósiles de las capas más bajas y los de las superiores. Empieza a preocuparse por este tema.

En la página 12, nota que "los españoles dice [sic] *no Tortugas* en otros sitios además de las Galápagos", recordando uno de sus patrones originales, aunque al principio casi no tuvo en cuenta a las tortugas porque suponía que habían sido llevadas allí por marineros. Pero más adelante, en la página 17, retorna al preocupante asunto de la falta de cambio observado en las especies fósiles y recurre al sí-

mil de las "hojas arrancadas de un libro" para culpar por la falta de cambio en la secuencia fósil a la deposición intermitente de capas sedimentarias:

> Las especies en las que no se observan cambios son una gran dificultad en los estratos de gran espesor, sólo se explica si esos estratos fuesen sólo hoja, si un río llevara sedimento a un sitio, a lo largo de varias épocas –los cambios podrían observarse.

Un poco más adelante, Darwin trata el nuevo problema de la variación, especulando primero (p. 51) que su teoría conduciría al descubrimiento de leyes de "correlación entre partes, a partir de las leyes de la variación de una parte que afecta a otra". Pero de inmediato admite, entre paréntesis, que él no se dedicará a esa tarea: "(Al prestar atención a todos los datos que llevan a la ley de la transmutación, no logro hacer las deducciones posibles)", una afirmación que suena casi como si su compromiso a utilizar los diversos patrones para probar la existencia de la evolución ("ley de la transmutación") excluyera el uso de la deducción para establecer leyes de la variación. Pero al menos, Darwin ha deducido a partir de la selección natural que la variación es un tema importante que él debe considerar.

De hecho, Darwin sigue diciendo que la variación es tan importante que bautizar una especie a partir de especímenes individuales es "muy poco útil", aunque indudablemente cambió de parecer durante el trabajo con los percebes. Sin embargo, Darwin piensa que las leyes de la variación, una vez formuladas, revelarán al naturalista cuáles pueden ser los límites de la variación en una especie de guía a priori para la delimitación de las especies y, en particular, para resolver la perturbadora cuestión de qué es una variedad y qué es una especie. A pesar de que se han escuchado ocasionalmente pronunciamientos de ese mismo tenor a lo largo de la historia de la biología sistemática, no se han descubierto leyes de la variación, por la sencilla razón de que no existen. Como el mismo Darwin reconoció posteriormente, algunas especies son muy variables, tanto dentro de una misma población como entre poblaciones de localizaciones distintas, mientras que otras presentan muy poca variación y resulta muy difícil distinguirlas de especies emparentadas.

En la página 59, Darwin se muestra eufórico: "Herschel se refiere a la aparición de nuevas especies como el misterio de los misterios. & escribe un importante pasaje sobre el problema. ¡Hurra!". Sabemos que Darwin se reunió con Herschel en 1836 en Ciudad del Cabo, así que es probable que ya hubiese escuchado, si no la frase exacta, la actitud abierta de Herschel a la búsqueda de una explicación natural para "el reemplazo de especies extinguidas por otras". Antes de escribir esta nota, Darwin ya estaba transitando el camino que conducía al descubrimiento de la explicación.

Luego, a Darwin vuelve a asaltarlo su principal temor, pues piensa que los datos geológicos no concuerdan con lo que él llamaba "mi teoría". En este punto, distingue extinción de evolución; la primera sucede rápidamente, como la extinción de la vaca marina de Steller, denominada "manatí" en la cita, y la segunda, la evolución, ocurre lentamente. Sigue añadiendo notas para sí para seguir pensando en el problema (p. 87):

> Nunca se debe pasar por alto que la cronología de la geología se apoya en una cantidad de cambio físico que afecta a especies enteras, & sólo en menor medida, según supuestos bien fundamentados, en el tiempo; –por lo tanto, la mera pérdida de una especie, que puede ocurrir en unos pocos años, como es el caso del manatí de Steller dice mucho menos (si bien es también consecuencia de un cambio) que la gradación lenta en la forma que debe ser consecuencia del cambio lento+ & por lo tanto excluye efectos de catástrofes, que deben servir para echar por tierra nuestra cronología [CONSIDERAR TODO ESTO] La extinción & la transmutación, dos pilares de la geología que hasta hoy no se distinguían con claridad uno del otro.

El anterior es un párrafo fundamental. Darwin desarrolla la idea de que los recambios totales, que los geólogos usan para establecer tiempos geológicos, y que conforman la base empírica de la interpretación de Cuvier de la historia de la vida, tienen causas naturales. Pero él ve esos recambios exclusivamente como fenómenos de extinción, es decir, de desaparición de especies, que no tienen nada que ver con la transmutación propiamente dicha, que

ocurre mucho más lentamente que los casos de extinción, casi instantáneos (como la instancia aparentemente aislada de la extinción de la vaca marina de Steller). Así, Charles Darwin intenta separar los dos elementos del "misterio de los misterios" de Herschel, las características de la "inosculación" temporal que posiblemente fue la primera pista que advirtió Darwin al tratar de interpretar la sucesión de mamíferos extinguidos y modernos de América del Sur. Seguiría dudando de que el recambio paleontológico estratigráfico tuviera relación con la generación de nuevas especies de reemplazo. No obstante, ésa fue la idea a la que adhirió, y al hacerlo, su compromiso con el gradualismo lo llevó a obliterar los datos empíricos relevantes. Es el origen de una actitud que ha sobrevivido hasta nuestros días.

El 12 de marzo de 1839, Darwin se muestra otra vez interesado en el presente y hace una descripción vívida (p. 114) de cómo era, para él, la lucha competitiva intra e interespecífica que estaba al acecho tras la pacífica fachada de la naturaleza: "Es difícil creer en la terrible aunque silenciosa guerra entre los organismos. la pelea sucede en los pacíficos bosques. & los mansos campos". Fue Lord Tennyson quien, en 1850, escribió el famoso verso: "La naturaleza, roja en diente y garra". Tennyson no había leído las palabras de Darwin; sin embargo, el mundo no está del todo equivocado cuando atribuye el origen del pensamiento del poeta a Charles Robert Darwin, su verdadera fuente.

Inmediatamente después, Darwin hace dos analogías muy distintas que conectan líneas de pensamiento paralelas expuestas en notas anteriores. La primera (p. 117) vincula sus asombrosas (y aún poco valoradas) estimaciones sobre la escasa cantidad de progenitores que dejaron progenie (en el caso del hombre, sólo durante quinientos años) con la relación entre las especies fósiles conocidas y las especies modernas:

> La teoría de que todos los animales se han originado en unos pocos linajes no tiene sustento, menos aun en el caso de las formas antiguas. –los animales del Eoceno no pueden haber sido antecesores directos de ninguno de los actuales, –incluso si se rechaza la idea de la extinción.

La segunda analogía (p. 118) es más importante aun, porque en ella Darwin revela la relación entre la selección artificial practicada por los criadores y el proceso de selección natural, un tema que dominaría todo su enfoque evolutivo tan pronto como empezara a escribir comentarios formales sobre el tema de la "transmutación":

> Las variedades se presentan en dos formas: variedades locales, cuando toda la masa de especies está sujeta a determinada influencia, & esto tendría lugar con el cambio de país: pero los galgos. & las Palomas buchonas (caballo de carrera). no se han producido sino por entrenamiento, & cruzas & la conservación de la pureza de la raza. –& así en plantas, los productos de la reproducción se recogen y no se les permite cruzarse. –¿La naturaleza tiene procesos análogos? –si es así, sería capaz de llegar a grandes cosas –Pero ¿cómo?–. Hacer evidente la dificultad planteando otros interrogantes –qué pasaría si se trasladaran a una Isla– si esto o aquello, etc.– Luego, aplicar mi teoría –una teoría magníficamente verdadera.

Darwin ya tenía en mente el "proceso análogo" de la naturaleza, por supuesto, pero se recuerda a sí mismo que debe estudiar cómo funcionaría ese proceso en relación con la creación de nuevas variedades (y especies) si los individuos de una especie invaden una isla, una de las formas en las que actúa la naturaleza y que restringe el cruzamiento: el método utilizado por los criadores. El pasaje es, en realidad, una fórmula para volver a derivar, a partir del principio de la selección natural, todas las características de diferenciación y sustitución que, en un principio, le habían servido a Darwin como pistas para pensar en la evolución. En sus escritos, Darwin seguiría respetando ese plan hasta la publicación del *Origen de las especies*, más de veinte años después.

Unas pocas páginas más adelante (p. 122; la sección que comienza con "En el lugar" es un agregado posterior):

> Cuanto más lo pienso, más convencido estoy de que la *extinción* juega un papel preponderante en la *transmutación*. –¿Las especies *migran & desaparecen*.? –En el lugar donde una especie es más

> común, no hay que esperar que haya cambio, porque el tamaño de la población indica que esa especie está perfectamente adaptada; por el contrario, se espera que haya cambio donde hay menos individuos, & eso parecería Creación nueva. el jardinero separa una planta de la cual desea obtener una variedad –los animales domésticos tienden a variar.

Darwin quiere decir que la extinción puede ocurrir con mayor frecuencia que la evolución: las especies que están en el centro de su hábitat, donde están "perfectamente adaptadas", no van a cambiar, excepto que se produzca un cambio en el entorno. Por el contrario, son las poblaciones más pequeñas que ocupan zonas normalmente cercanas a los bordes del hábitat de la especie las que probablemente cambien, pues sus adaptaciones no son óptimas para el ambiente en el que se encuentran. La idea es muy moderna y revela otra instancia más en la que el pensamiento de Darwin parece haber sobrepasado su capacidad de anticipación. La lección que enseña aquí Darwin es que es muy probable que la evolución se dé en zonas marginales; para ello, traza la analogía con los jardineros que separan plantas para que no se crucen. Lo que Darwin no ve (algo que se advierte con claridad en sus escritos posteriores) es que, en ese pasaje, da con la clave de por qué las especies tienden a no cambiar, la verdadera respuesta a un tema que lo obsesiona: la falta de transformación en los fósiles.

Fue Darwin, sin duda mucho más que ninguno de sus contemporáneos, quien estableció la verdadera magnitud del tiempo geológico. Y aunque es verdad que lo hizo para brindar a su idea de un proceso evolutivo gradual y lento el espacio temporal necesario, dedujo la antigüedad de la Tierra a partir de su amplia experiencia como geólogo de campo. Dos pasajes escritos casi al final del Cuaderno E muestran cómo fue desarrollando su pensamiento:

> Sólo un geólogo experimentado sabe cuán antiguo es el mundo, pues las mediciones no se refieren a las revoluciones del sol & nuestras vidas sino al período necesario para que se formen montones de guijarros etc. etc.: la sucesión de organismos no dice nada acerca de la longitud del tiempo, sino sólo del orden de la sucesión (p. 125).

Aquí Darwin separa claramente el tema de la magnitud del tiempo geológico del de la evolución, porque la evidencia es puramente geológica y no se basa en fósiles; así, evita el razonamiento circular. Luego (p. 155), retoma el mismo tema:

> Niego con firmeza el derecho a argumentar en contra de mi teoría, porque el mundo es mucho más *antiguo* que lo que piensan los Geólogos: sería lo mismo que han hecho otros hace cincuenta años. –& qué es más antiguo– la relación en términos de duración de un planeta con nuestras vidas –yo, siendo geólogo, me he expuesto estos argumentos a mí mismo, hasta que pueda rechazar con honestidad ese falso razonamiento.

Después del primero de los contundentes comentarios anteriores acerca de la edad de la Tierra, Darwin recurre a otra analogía, la de un libro al que se le han arrancado páginas, y no vuelve a la clave de la estabilidad de las especies y la evolución periférica a la que se había referido unas páginas antes, para explicar por qué la analogía no se sostiene frente al registro fósil. En la página 126, Darwin se detiene en una descripción de cómo su antiguo mentor Adam Sedgwick, en coautoría con Roderick Impy Murchison, demuestra que, en general ("sin entrar en detalles"), los fósiles del devónico presentan un aspecto intermedio entre los del silúrico y los del carbonífero. Existe una relación evolutiva general entre faunas. Pero luego Darwin añade:

> ¿quién puede asegurar cuántos siglos pasaron entre cada uno de esos intervalos? Probablemente, más que durante la deposición de los lechos –Entonces, debemos abandonar todo el sistema, de transmutaciones, o creer que el tiempo ha sido mucho mayor, & que los sistemas, son sólo hojas sueltas de *volúmenes* enteros.

Las últimas joyas del Cuaderno E (salvo por el pasaje sobre el tiempo geológico de la página 155, citado más arriba) se encuentran en las páginas 135 y 136. En ellas, Darwin advierte que tiene la explicación de la estasis ("la uniformidad en la formación geológica") al alcance de la mano si se vale de sus ideas acerca de que la evolu-

ción debería ocurrir principalmente donde las especies no están tan bien adaptadas al medio. Pero la deja escapar: "Si la separación horizontal es más importante para la creación de especies que el tiempo (como causa del cambio) lo cual es difícil de creer, entonces, la uniformidad en la formación geológica es entendible". Un poco más abajo, agrega: "No. pero el alejamiento & la separación de unos pocos probablemente sería más eficaz para producir especies nuevas; también la reducción del número, pero no tanto, por las circunstancias".

Darwin sabe de la importancia del aislamiento ("la separación horizontal") y nota que la versión natural de la selección promueve el cambio en los hábitats periféricos –ingredientes esenciales de la teoría de la especiación geográfica o alopátrica–. Como veremos más adelante, esa idea tan consistente se diluye en los escritos publicados por Darwin, quien deja la teoría de la especiación en la periferia del pensamiento evolucionista. Esa teoría sólo se retomó en las décadas de 1930 y 1940, aunque, de hecho, luego ha vuelto a caer en el olvido, en cierta medida.

Sin embargo, la situación contraria –las especies que viven en el centro de su hábitat no cambiarán demasiado siempre y cuando estén bien adaptadas a las condiciones del entorno– es tentadora, pero no se convirtió en un elemento fundamental del pensamiento de Darwin. Otra especulación interesante y que suena muy moderna pero que no prosperó dentro su teoría fue la que aparece al final del pasaje: las poblaciones reducidas (a las que hoy en día nos referimos como "cuello de botella") también son proclives a sufrir cambios evolutivos.

Terminamos este viaje a través de los Cuadernos de la Transmutación con una mención a Malthus –Darwin se consideraba malthusiano– y a la necesidad de Darwin de vincular la variación en la naturaleza con la perspectiva malthusiana (p. 137):

> Podríamos decir que los animales salvajes variarán, según mi visión malthusiana, dentro de ciertos límites, pero no más allá de ellos. –argumento en contra de esto– la analogía ciertamente permitirá que exista variación tanto como la diferencia entre especies –palomas, por ejemplo–: luego viene la cuestión de los géneros.

Darwin tiene en claro que debe documentar la variación –en gran cantidad– en la naturaleza para que sus ideas tengan fundamento. El tema de la variación es crucial: para el observador no experimentado, las especies parecen uniformes, casi equivalentes a la aparente condición plana de la Tierra, pero una mirada más aguda revelará que no es así. La importancia de la variación no radica solamente en ser el sustrato donde opera la selección. Darwin necesita demostrar que la variación intraespecífica en el espacio –que a veces es tan marcada que permite reconocer "variedades" geográficas– puede ser tan grande que equivale a una diferencia interespecífica. Se inclina por pensar que las variedades son especies incipientes y que las especies son elementos que varían dentro de grupos más grandes, como los géneros. Asimismo, le interesa comparar los mundos paralelos de la cría doméstica y la diferenciación y la selección en la naturaleza. Quiere desplegar un panorama de gradaciones para convencer a sus colegas de que la "transmutación" es un fenómeno real que explica toda la historia de la vida.

Con ese pasaje desaparecen las ideas evolutivas de Darwin hasta que vuelve a sacarlas a la superficie con el primer intento de escribir su teoría de manera lógica, comprensible y (según su deseo) persuasiva. Entre mediados de 1839 y 1842, siguió leyendo y pensando la teoría, aunque el nacimiento de sus dos primeros hijos y la mudanza a Down House fueron motivo de distracción. Cuando vuelve a la evolución, vemos que ha progresado, algo que se manifiesta con claridad en la recopilación de ejemplos y también en la relación que establece con sus ideas. En 1842, la revolución ya se ha completado. Dando un giro de 180 grados, Darwin comienza por la variación y la selección, y utiliza la selección natural para deducir a partir de ella las características que había observado en un primer momento, las que lo llevaron a considerar por primera vez la existencia de la evolución.

4
La evolución de Darwin: los manuscritos y los libros

EL *SKETCH* DE 1842: PRIMERA PARTE

En mi opinión, el *Sketch* de 1842 es un texto tan cautivante como los escritos más extensos de Darwin. Se trata de un discurso argumentativo, un verdadero ensayo, el primero que escribió sobre "mi teoría". También es una versión destilada y coherente de los Cuadernos de la Transmutación y, como tal, está lleno de advertencias del autor a sí mismo sobre la necesidad de pensar más y mejor. En gran medida, es una comunicación personal, en la que Darwin se conmina a organizar sus ideas dentro de un marco lógico. Y, por supuesto, fue escrito para ser leído por Darwin y sólo por él.

El *Sketch* de 1842 tiene dos partes sin título.[1] La primera se divide en tres capítulos y ocupa sólo dieciocho páginas. Está dedicada en su totalidad a exponer la teoría de Darwin tal como estaba desarrollada en ese momento. El capítulo 1 trata acerca de la variación en condiciones de domesticación y sobre el principio de selección. El capítulo 2, la variación en la naturaleza y los medios naturales de selección. El capítulo 3, la variación en los instintos y otros atributos mentales. En todos sus escritos, Darwin se preocupa por acomodar la evolución de la conducta en su marco conceptual. Le parecía

1 La versión del *Sketch* que sigo aquí fue publicada por Gavin De Beer in 1958. De Beer se ajusta a la versión publicada por Francis, el hijo de Darwin, en 1909 y con buen tino reproduce la excelente introducción de Francis Darwin a sus ediciones de *Sketch* y *Essay*, una versión mucho más ampliada. El texto original consiste de treinta y cinco páginas manuscritas. En la edición impresa de De Beer son cuarenta y ocho.

una tarea hercúlea demostrar para satisfacción de todos que la conducta era lo suficientemente cambiante y variable para estar abierta al proceso de selección natural.

En los dos primeros capítulos, Darwin pone las cartas sobre la mesa. La estructura lógica está clara y da la pauta de cómo serán todas las exposiciones posteriores, incluido *El origen de las especies*. El razonamiento empieza con la evidencia de que los animales y las plantas varían, y de que lo hacen en la naturaleza tanto como en el corral o en el huerto. En esa época, Darwin todavía creía que las condiciones externas inducían la variación. La primera oración dice lo siguiente:

> En circunstancias nuevas, un organismo individual puede variar en poco y en aspectos insignificantes como la estatura, la gordura, a veces el color, el estado de salud, los hábitos en el caso de los animales, y quizá también la disposición.

Cuando se refiere a los animales domésticos, Darwin llega al meollo de la cuestión:

> Por lo tanto, si en un país o región se permitiera la cruza de todos los animales de una especie, toda leve tendencia a la variación se vería contrarrestada constantemente. [...] En cambio, si el hombre selecciona, se forman nuevas razas rápidamente [...].

He aquí la selección artificial, aunque el autor no le dé ese nombre. A continuación, Darwin se pregunta si es posible encontrar en la naturaleza procesos de selección análogos. Y, claro está, ya ha identificado uno. Por lejos, lo más interesante de estas primeras páginas es el sencillo subtítulo del capítulo 2, que incluye la frase "selección natural". En el estilo a mitad de camino entre el cuaderno y el ensayo que caracteriza el *Sketch*, Darwin escribe:

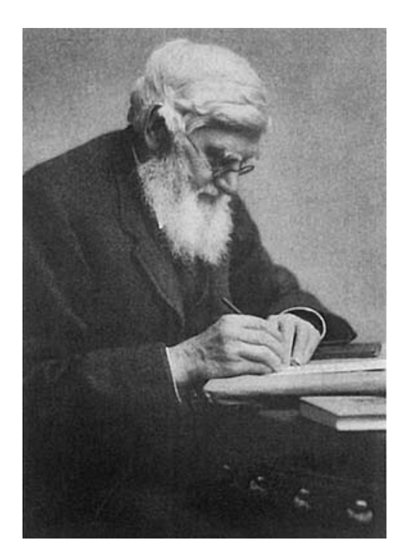
> La guerra de la naturaleza de De Candolle –ver la cara de satisfacción de la naturaleza– puede parecer dudosa en un principio; la vemos en los márgenes del frío eterno. Sin embargo, si se considera el enorme crecimiento geométrico de todo organismo y

> como todo país, en condiciones normales, debe estar abastecido al máximo, la reflexión muestra que de hecho es así. Malthus sobre el hombre; en los animales no hay restricciones morales; se reproducen en la época del año en que las provisiones son más abundantes, o en la estación más favorable.[...]
>
> La consecuencia inevitable de esto es que muchos individuos de cada especie son destruidos en estado embrionario o de jóvenes o de más maduros [...]. En el transcurso de mil generaciones diferencias infinitesimales inevitablemente se notarán inevitablemente[...].
>
> La variación de la naturaleza mucho menos, pero ese tipo de selección mucho más rígida y cuidadosa.

Ésta es la afirmación más coherente sobre la selección natural hecha por Darwin hasta ese momento. Al darle un nombre, claro está, delimita su prioridad en el descubrimiento del proceso, aunque eligió pasajes del ensayo de 1844 y no del *Sketch* para publicar junto al manuscrito de Wallace en 1858, asegurándose de que se reconociera esa prioridad.

A continuación, Darwin establece un contraste entre selección natural y lo que luego denominará "selección sexual". La selección natural ocurre cuando, en la lucha por los recursos, o para evitar los peligros naturales de la vida, las "variaciones" de algunos organismos funcionan mejor e incrementan las posibilidades de supervivencia y, por tanto, de dejar descendencia. La selección sexual sólo se refiere a que algunos organismos son mejores que otros para el cortejo. Esa distinción establecida por Darwin es absolutamente válida y muy útil, pero fue ignorada hasta las últimas décadas del siglo XX. Escribe Darwin:

> Además de la selección por la muerte, en los animales con sexos separados [...] la selección en el tiempo de mayor vigor, es decir, la lucha entre machos [...]. De ahí que el macho que en ese momento sea el más fuerte, o esté mejor equipado con las armas o los ornamentos de su especie, adquirirá alguna pequeña ventaja en el transcurso de cientos de generaciones y transmitirá esas características a sus descendientes (p. 48).



Alfred Russel Wallace en sus últimos años. Wallace descubrió el principio de selección natural mientras se encontraba en Indonesia, veinte años después de que lo hiciera Darwin, quien no había publicado su teoría hasta el momento. Cuando recibió la carta y el manuscrito de Wallace, en junio de 1858, Darwin experimentó una crisis que lo impulsó a no continuar retrasando la publicación de sus ideas.

El análisis no se queda en los machos. Darwin advirtió que el mismo principio se aplica también a las hembras, que son mejores que otros miembros de la población para la maternidad.

El resumen que hace Darwin de su teoría en 1842 (pp. 57-58) es magistral, y conviene citarlo casi completo. Contiene una frase repetitiva que funciona casi como un encantamiento: "y cómo podríamos ponerlo en duda". Se centra sólo en la variación y la selección (y deja todas los indicios y los patrones que lo llevaron a la noción de evolución para la segunda parte), reformuladas como las observaciones que es necesario hacer si la teoría es válida o, en el caso del registro fósil, los motivos por los cuales no se cumplen las expectativas:

> *Para resumir la división*: Si se admite que la variación ocurre ocasionalmente en algunos animales en estado salvaje, y cómo podríamos ponerlo en duda cuando vemos que miles de organismos, utilizados por el hombre con muy diversos propósitos, presentan variaciones. Si admitimos que esas variaciones tienden a ser hereditarias, y cómo podríamos ponerlo en duda cuando recordamos similitudes de rasgos y de carácter: enfermedades y monstruosidades heredadas y un sinnúmero de razas (1.200 coles). Si admitimos que la selección opera constantemente, y quién podría ponerlo en duda cuando se considera que la cantidad de alimento promedio es fija y la capacidad reproductiva avanza en progresión geométrica. Si admitimos que las condiciones externas varían, como nos dice la geología que ha ocurrido siempre y ocurre en este mismo instante, entonces, si no se viola ninguna ley natural, ocasionalmente se forman razas que difieren de las de sus progenitores. [...]
>
> [...] Y entonces, con la capacidad de selección de la naturaleza, de una sabiduría infinita comparada con la del hombre, llego a la conclusión de que es imposible decir que conocemos los límites de las razas, que serían válidos para los individuos comprendidos en ellas; si fueran de distintas constituciones, probablemente serían infértiles si se aparearan, y podrían adaptarse de la manera más singular y admirable, según sus necesidades, a la naturaleza y los organismos del entorno; esas razas serían especies. Pero, ¿hay alguna evidencia de que esas especies se generaron de esa forma? Esa pregunta es totalmente independiente de las ideas mencionadas más arriba, y tiene que responderse con la observación del reino de la naturaleza.

Ahí tenemos, entonces: Darwin deriva una teoría de la selección en la naturaleza transformando gradualmente las variedades en razas y las razas en especies. En este punto, no menciona el aislamiento como el factor que altera la fertilidad de las distintas variedades y de las distintas razas, y con ello da origen a verdaderas especies que están (para utilizar una terminología más moderna) “aisladas desde el punto de vista reproductivo”. Por lo demás, se trata de un resumen acertado y preciso de la teoría del proceso evolutivo, los mecanismos de la evolución, como Darwin lo veía en 1842.

Por supuesto, el resumen termina con la afirmación de que podemos recurrir a la naturaleza para ver si las predicciones son verdaderas. Lo que quiere decir Darwin con "observación del reino de la naturaleza" es que debemos observar los patrones y los indicios del mundo natural, incluidos los que convencieron a Darwin de que la vida evoluciona.

EL *SKETCH* DE 1842: SEGUNDA PARTE

La segunda parte del *Sketch* tampoco tiene título. Dividida en siete secciones o capítulos breves (incluido un contundente resumen al final, capítulos 4 a 10), esta parte constituye el molde para las futuras presentaciones que hará Darwin de las líneas de evidencia a favor de la evolución, ya transformada en predicciones (o problemas) que se siguen de su "teoría" de la evolución por medio de la selección natural.

El prefacio del primer capítulo es el enunciado general de un principio lógico: dado que desconocemos la voluntad de Dios, es imposible predecir las "relaciones" que podrían existir entre los individuos creados por Él, los individuos y el medio geográfico, o los individuos y el paso del tiempo:

> Pero sería maravilloso si ese plan fuera el mismo que resultaría de la descendencia de grupos de organismos de los mismos padres [...] he intentado desarrollarlo.
>
> Con el mismo grado de probabilidad afirmaban los antiguos filósofos de la cosmogonía que los fósiles habían sido creados, tal como los vemos hoy en día, con un falso parecido con los seres vivos; ¿qué diría el Astrónomo de la doctrina según la cual los planetas no se mueven de acuerdo con las leyes de gravedad sino que obedecen a la voluntad del Creador de colocar cada planeta en su órbita? Creo que esa idea (si dejamos de lado todos los prejuicios) sería tan legítima como admitir que ciertos grupos de individuos vivos y extintos, en su distribución, en su estructura y en sus relaciones entre sí y con el entorno muestran

> signos de un origen común, tal como indica la teoría, y sin embargo fueron creados distintos (p. 59).

La única otra explicación de las observaciones científicas generales es la de la voluntad del Creador, que no permite hacer ninguna predicción y que, al menos en el campo de la astronomía, fue abandonada cuando se pudo recurrir a las leyes de gravedad para explicar los fenómenos. ¿Por qué no aplicar la misma estructura lógica a la historia de la vida?

Las primeras dos secciones son de geología. (Francis Darwin manifiesta que no queda claro dónde termina el capítulo 4 y dónde empieza el 5.) Darwin se zambulle en el tema con una predicción fundamental:

> Nuestra teoría requiere una introducción gradual de las nuevas formas y un exterminio de las formas antiguas (a las que deberemos volver). El exterminio de lo antiguo puede ser rápido a veces, pero la introducción de lo nuevo nunca lo es. En el caso de los grupos que descienden de un antecesor común, nuestra teoría requiere una gradación perfecta que no difiera en las formas más que las distintas variedades de ganado, o de papas, o de repollos. [...] Ahora bien, ¿qué evidencia hay de esto? (p. 60).

A continuación, Darwin proporciona una explicación convincente de por qué el registro fósil está incompleto: el depósito de sedimentos no es parejo y, de todos modos, las posibilidades de conservación de los restos animales y vegetales son siempre muy bajas. Éste, precursor de las exposiciones más detalladas de 1844 y de *El origen de las especies*, es en esencia el primer enunciado de la disciplina que luego se denominaría tafonomía: el estudio de la formación y la conservación del registro fósil. El enunciado encierra una gran sabiduría: el registro fósil es incompleto, y los paleontólogos de ayer y de hoy no pueden sino concordar con Darwin en que "no hay posibilidades" de encontrar una gradación perfecta, incluso si se recolectan y estudian todos los especímenes conservados como fósiles.

Sin embargo, como en sus cuadernos anteriores, Darwin afirma que, con el tiempo, los especímenes recolectados tienden a unir "clases" y así se acercan a la gradación. Luego sostiene:

> Finalmente, si las ideas de algunos geólogos son acertadas, mi teoría tendrá que ser descartada. [Las ideas de Lyell, hasta donde llegan, son *coincidentes*, pero no es muy lejos adonde llegan y se necesita tanto más que podrían verse más bien como una objeción.] Si la geología nos muestra páginas sueltas de capítulos que apuntan a una historia, formada arrancando manojos de hojas, y cada página ilustra sólo una pequeña porción de los organismos de la época, entonces los hechos concuerdan a la perfección con mi teoría (p. 63).

Si bien está claro por el contexto que Darwin tiene en mente a los geólogos que interpretan el registro fósil con una mayor literalidad de lo que él puede hacer, dadas las predicciones de su teoría, tendremos que esperar hasta el ensayo de 1844 para encontrar una afirmación más explícita acerca de esas ideas contrarias. Algunas páginas más adelante, Darwin agrega que "en épocas anteriores, las formas *parecen* surgir de repente", pero eso es todo lo que les dedica a las interpretaciones del registro fósil distintas de su teoría.

Después de escribir someramente sobre el "exterminio" (la extinción suele ser gradual, pero no siempre lo es), Darwin pasa a la cuestión de la "distribución geográfica" (capítulo 6). Primero analiza las principales divisiones de la vida, distribuidas por la superficie de la Tierra, y explica cómo "las cadenas montañosas, los espacios oceánicos que separan islas y continentes, e incluso los grandes ríos y desiertos… forman barreras de todo tipo y separan a las distintas regiones".

Luego llega a las predicciones, comenzando por la "analogía de los animales domésticos":

> Ahora bien, de acuerdo con esta analogía, el cambio de las condiciones externas, el aislamiento por la llegada accidental de una forma a una isla, el hundimiento de la Tierra y la consiguiente división de un continente o el surgimiento de una gran cadena mon-

> tañosa, y el número escaso de individuos favorecen la variación y la selección. [...] Las barreras evitan que las especies que surgen en un sitio migren hacia otro, aunque los cambios también pueden verse afectados dentro de un mismo país, sin la existencia de barreras, por procesos largos y continuados de selección dentro de una especie.

Aquí Darwin no toma partido: el aislamiento por medio de la aparición de barreras lleva a la formación de especies distintas, pero también existe la posibilidad de que haya divergencia entre especies por medio de procesos continuados de selección "en el mismo territorio", es decir, sin que haya barreras, como sucede con el ñandú de Sudamérica (al menos como lo vio Darwin). Ve con claridad la importancia del aislamiento y, de hecho, tiene conciencia del origen de las especies con aislamiento reproductivo por medio del aislamiento geográfico. Pero al mismo tiempo se aferra a la idea de que su teoría no se ve refutada cuando las barreras no son evidentes. Los ñandúes y los guanacos de la pampa sudamericana le impiden afirmar que el aislamiento geográfico es la *única* manera de que surjan nuevas especies.

Hay más predicciones:

> Podemos ver enseguida que, si dos regiones de un continente quedan aisladas, las nuevas especies que surjan en ellas tendrán notables afinidades, como el ganado en los condados de Inglaterra. Si una barrera desapareciera, sería probable que una de las especies destruyera a la otra o que las dos se conservaran (p. 69).

Así, las especies que habitan regiones vecinas tenderán a estar más estrechamente relacionadas entre sí que con especies de zonas más lejanas. Darwin sabe también que, una vez que desaparece la barrera que separa a dos especies y éstas entran en contacto, una de ellas puede llevar a la otra a la extinción o las dos podrían conservarse, lo cual permitiría explicar la distribución del ñandú y del guanaco. De hecho, ésta es la explicación que ha prevalecido.

Luego, Darwin analiza predicciones más específicas con los datos, pero lo principal de esta breve discusión sobre la distribución

geográfica ya está dicho. Las predicciones que se desprenden de la teoría son claras y definidas, y aunque la migración y otros factores pueden borrar ciertas huellas de la historia, no caben dudas de que la distribución geográfica de animales y plantas –a diferencia de lo que ocurre con la distribución geológica– concuerda perfectamente con las predicciones de la teoría.

A continuación aparecen dos temas íntimamente relacionados: "Afinidades y clasificación" (capítulo 7) y "Unidad [o similitud] de tipo en las clases mayores" (capítulo 8). El planteo de Darwin en materia de "afinidades y clasificación" se sigue de sus ideas acerca de la distribución geográfica: vemos que "los grados de relación son distintos y arbitrarios –subgéneros –géneros –subfamilias, familias, órdenes y clases y reinos. [...] Diseñado con seriedad, el sistema natural debería ser un sistema genealógico" (pp. 72-73). Acto seguido, Darwin reitera su teoría sobre el aislamiento y la selección como causas del surgimiento de especies nuevas. "[A]sí, deberíamos obtener especies de subgénero y género –como las variedades de oveja merino– [...]." Dicho de otro modo, la producción constante de nuevas especies da origen a grupos de especies íntimamente relacionadas (subgéneros y géneros) y, como el proceso no se detiene, se van formando grupos de grupos cada vez más grandes: familias, órdenes, y así sucesivamente. Darwin advierte que el sistema de Linneo, el *systema naturae*, era verdaderamente natural, fruto evidente de un largo proceso de descendencia. Pero en su argumentación el sistema se transforma en el resultado esperado de su teoría del proceso evolutivo, además de ser un indicio valioso de la existencia de la evolución.

Lo mismo sucede con la "unidad de tipo" (capítulo 8), referida a casos como el de "murciélago, caballo, aleta de cetáceo, mano, todos basados en la misma estructura". Y aquí viene la predicción: "Pero esta unidad de tipo necesariamente se sigue de la teoría de la descendencia" (p. 76). La descendencia añade modificaciones a las estructuras existentes, y así una suerte de familia de estructuras divergentes evoluciona a partir de la estructura original y produce esa "unidad de tipo".

Muy interesante es la extrapolación que hace Darwin de su análisis evolutivo de ciertos datos de anatomía comparada al desarrollo embrionario:

> Esta unidad general de tipo en grandes grupos de organismos (incluidos, claro está, estos casos morfológicos) se muestra de un modo más sorprendente en los estadios por los que pasa el embrión. En un estadio temprano, el ala del murciélago no se distingue del casco, la mano, la aleta. En estadios embrionarios aún más tempranos, no hay diferencia entre un pez, un ave, etc., y un mamífero.

Agrega Darwin que las clases pueden distinguirse, por ejemplo, por la ubicación de las arterias. La idea es que, cuanto más temprano se compara el desarrollo de distintos embriones, más similitudes hay, aunque es de notar la modernidad de Darwin cuando agrega: "No es cierto que uno pase por la forma de un grupo inferior, si bien los peces están más cerca del estado fetal, sin dudas" (p. 78). Dicho de otro modo, el desarrollo embrionario comparado acentúa la "unidad de tipo" de la anatomía comparada, pero deberíamos evitar la afirmación de que el *Homo sapiens*, por ejemplo, pasa por un "estadio de pez" antes de alcanzar la fase de vertebrado superior en su desarrollo. (Esta advertencia no siempre fue recogida por los descendientes intelectuales de Darwin.) Y, como si en esta instancia ya estuviera familiarizado con la cuestión, Darwin deduce directamente de su teoría que en las primeras etapas de desarrollo los embriones de especies similares (por ejemplo, de vertebrados) se parecen más entre sí que en etapas posteriores.

El capítulo 9 se titula "Órganos abortivos". Aquí Darwin se ocupa de lo que luego se denominaría "estructuras vestigiales", es decir, órganos que ya no son utilizados por ciertos tipos de animales y plantas. El apéndice es el ejemplo de órgano vestigial en el hombre citado con más frecuencia (aunque es probable que no sea correcto). También son órganos vestigiales los dientes de los "rinocerontes, ballenas, narvales", y otros ejemplos que da Darwin. En una nota personal agrega que las estructuras vestigiales son "muy útiles para la clasificación. Estado embrionario de los órganos. Rudimentos de órganos".

Como era previsible, la existencia de las estructuras vestigiales es una consecuencia esperable de la teoría. Darwin hace lo que puede considerarse la primera mención de la preadaptación –o, mejor dicho, exaptación– en su afirmación de que es de esperar que los ór-

ganos que evolucionan con una función determinada ("adaptación") pueden utilizarse luego con otro "fin". Pero también podrían volverse inútiles, conservados sólo por "tendencia hereditaria".

La sección (y el repaso de predicciones observacionales de la teoría) concluye con el contraste que Darwin establece una y otra vez entre sus ideas y las enseñanzas religiosas respecto de la biología:

> Repito, estos hechos maravillosos, o las partes creadas sin ningún fin en el pasado ni en el presente, con mi teoría reciben una explicación simple; o no reciben explicación alguna y debemos conformarnos con alguna metáfora vacía, como la de De Candolle, que compara la creación con una mesa bien servida y afirma que los órganos abortivos ¡son como platos (algunos vacíos) que se colocan para respetar la simetría! (p. 83).

Darwin termina el *Sketch* con una "Recapitulación y conclusión" en dos partes, que constituye el capítulo 10. La primera sección es absolutamente genial: volviendo al pasaje de la página 36 del Cuaderno D, escribe un pequeño ensayo sobre los rinocerontes de Java, Sumatra e India, "vecinos que ocupan zonas distintas pero cercanas, como grupo que tiene un aspecto diferente de los rinocerontes africanos [...]". A continuación, vincula esas tres especies de rinoceronte con todas las "predicciones de características" –afinidad, unidad de tipo, estadios tempranos de desarrollo embrionario– y con el espectro de variación que conecta las variedades y las verdaderas especies: "Ahora bien, estas tres especies bien definidas no son muy distintas de las razas de ganado [...]" (p. 84). Convenientemente, no hay registro fósil para estos rinocerontes, y tampoco hay estructuras vestigiales que tengan en común las tres especies y sólo ellas (aunque Darwin había mencionado los dientes de los rinocerontes con anterioridad). Si fuese así, éste sería un resumen magistral de todas las ideas mencionadas en un solo ejemplo.

Y así –¿podía ser de otro modo?–, Darwin vuelve a burlarse de su chivo expiatorio predilecto, la otra teoría posible, el creacionismo:

> Ahora bien, los creacionistas creen que estos tres rinocerontes fueron creados del polvo de Java, Sumatra, aliados al pasado y a la

> era presente y […] con el sello de la inutilidad en algunos de sus órganos y de la conversión en otros[2] con su apariencia engañosa de verdad, no […] de relación. Del mismo modo, puedo creer que los planetas giran en sus órbitas no por la ley de gravedad sino por la voluntad del Creador (p. 84).

Darwin da un paso más y afirma que "ningún naturalista pretende comprobar la existencia de las especies a partir de las características externas", sino que las especies son entidades discretas desde el punto de vista reproductivo. Pero, ¿es siempre así? "[…] la esterilidad, si bien es frecuente, no es un fenómeno concomitante invariable, varía mucho en grado y se ha demostrado que puede depender de causas análogas a las que hacen estériles a los organismos domésticos." Existe una escala móvil de esterilidad y, de este modo, Darwin crea una escala móvil entre variedades (subdivisiones de especies basadas en características externas y, por lo general, en las distintas ubicaciones dentro de la zona que habita una especie) y especies. Es muy astuto de su parte, y luego agrega que, en los casos en que pueden cruzarse dos especies, un creacionista diría que dos actos independientes de creación pueden fundirse en uno.

Llegamos entonces a la "Conclusión". Está escrita con el estilo grandilocuente que caracteriza a los resúmenes publicados años después y, por supuesto, también a *El origen de las especies*, cuya publicación todavía habría de esperar diecisiete años. Los patrones de Darwin

> dejan de ser expresiones metafóricas y se convierten en datos inteligibles. Ya no miramos a los animales como los salvajes contemplan un barco, o una obra de arte, como un objeto que está más allá de nuestra capacidad de comprensión, sino que sentimos un interés mucho mayor por examinarlo (p. 86).

Sólo la geología sale perdiendo, pero recibe un premio consuelo: "La geología pierde su halo de gloria dado lo imperfecto de sus regis-

2 Aquí Darwin hace un guiño a la geología ¡y se las arregla para introducir subrepticiamente los órganos abortivos!

tros, pero cuánto gana en la inmensidad de los períodos de sus formaciones y los tiempos que las separan" (p. 86). Darwin vuelve una vez más a la cuestión del "supuesto espíritu creador" como autor de la miríada de intrincados patrones de distribución geográfica y organización anatómica que se siguen con tanta sencillez del proceso de evolución natural por él descrito.

El texto termina[3] con un párrafo que citaré completo. Los lectores de *El origen de las especies* lo reconocerán enseguida:

> Hay un sencillo esplendor en la concepción de la vida, con su poder de crecimiento, asimilación y reproducción, insuflada en la materia bajo una forma o unas pocas, y en que mientras éste nuestro planeta ha girado de acuerdo con leyes inmutables, y la tierra y el agua, en un ciclo de cambio constante, se han reemplazado una a la otra, en que de un origen tan simple, por medio del proceso de selección gradual de cambios infinitesimalmente pequeños, haya evolucionado un sinnúmero de formas de lo más bellas y maravillosas (p. 87).

Son casi las mismas palabras con las que Darwin cerró *El origen de las especies* cuando, después de tanto tiempo, se vio obligado a publicar sus ideas.

Este primer ensayo, breve y brillante a la vez, el primer "extracto" de las ideas de Darwin (el propio Charles consideraba *El origen de las especies*, pese a su extensión, como un simple compendio), establece el contenido, el tono y hasta la estructura del ensayo de 1844 y de *El origen de las especies*. Desde el punto de vista creativo, ya está todo allí. Por supuesto, hay diferencias sutiles (cambios en el pensamiento del autor) y por ello es interesante dar una ojeada al ensayo de 1844 y a *El origen de las especies* (desde la primera hasta la sexta edición), pasando también por *El origen del hombre*, para trazar la evolución posterior de Darwin y descubrir algunas otras joyas de su pensamiento.

3 Bueno, o casi termina. El *Sketch* es una obra inacabada, y los últimos dos párrafos son notas telegráficas sobre lo que tiene que hacer Darwin para pulir aun más sus argumentos.

Sin embargo, el meollo está ya en el *Sketch* de 1842, un concentrado que en su mayor parte adopta la forma del ensayo para resumir las notas y las ideas del Cuaderno Rojo y los Cuadernos de la Transmutación, de una brevedad desesperante y una disposición cautelosa, aunque también agrega algunos ejemplos e incluye descubrimientos adicionales. Habría más: el "principio de divergencia", por ejemplo, quizás el más importante entre lo que estaba por venir. Pero en gran medida, la teoría de la evolución de Darwin queda escrita en 1842 y –gracias a Francis Darwin y a Gavin De Beer– todos podemos leerla en esa primera versión acabada.

EL *ESSAY* DE 1844

El ensayo de 1844 es mucho más largo que su antecesor; tiene 164 páginas en la versión impresa de De Beer, mientras que el *Sketch* tiene 48. Sin embargo, la estructura general de los dos textos es la misma: los mismos encabezados, la misma división en dos partes. La principal diferencia es que, en 1844, por primera vez, Darwin ya no escribe para sí mismo sino para posibles lectores de su obra. Recordemos que el ensayo estaba envuelto y guardado junto a una carta para Emma (con sugerencias de posibles editores y cuatrocientas libras para solventar los gastos de edición), en la que Darwin le pedía que publicara el texto en caso de su muerte. La mayor longitud no tiene que ver con la introducción de temas nuevos sino con el agregado de numerosos ejemplos y con la verbosidad que caracteriza la escritura del ensayo. Darwin conserva las anotaciones, pero abandona los pasajes telegráficos.

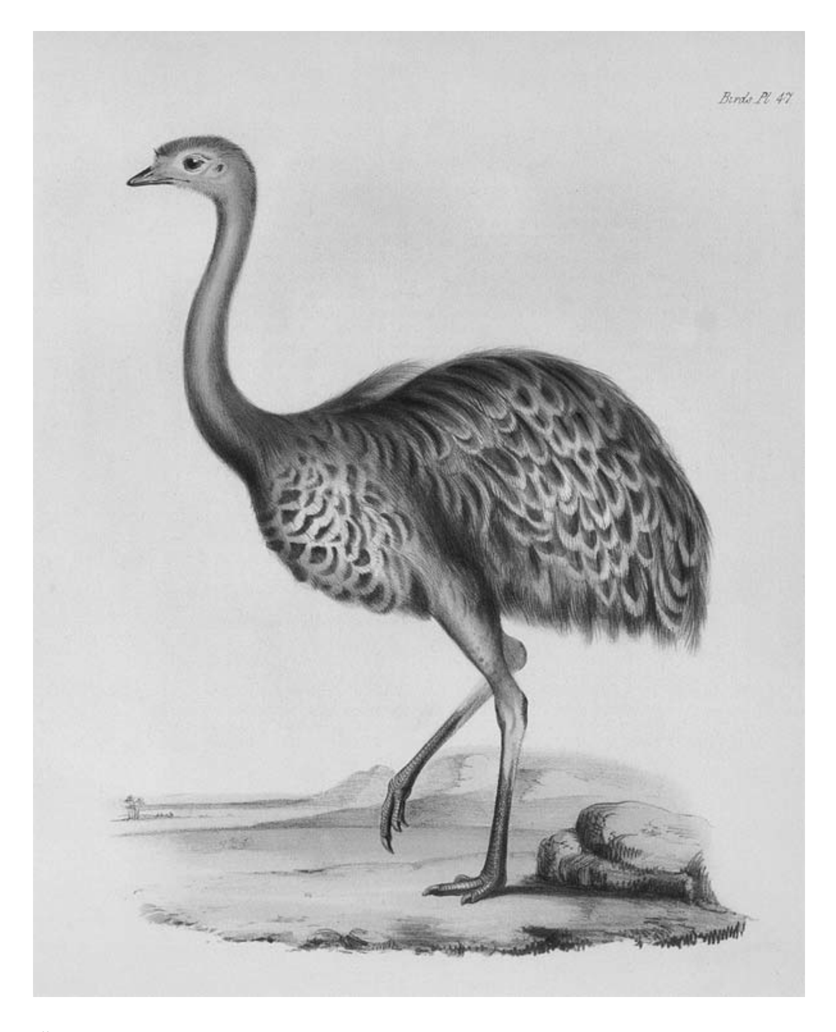
Sin embargo, esto no implica que el pensamiento de Darwin no se dispare en nuevas direcciones, ni que no haya sorpresas. Como el trabajo grueso ya se había hecho en el *Sketch* de 1842, nos concentraremos en los matices y los desvíos en nuestro somero análisis del ensayo de 1844, de *El origen de las especies* y de *El origen del hombre*. Una de esas diferencias de matiz es un pequeño repliegue respecto de esa forma más abierta, casi descarada, de derivar características de "mi teoría": la generación de la variación y la ac-

ción de la selección natural. A partir de 1844, Darwin se inclina a afirmar que los patrones geográficos, anatómicos y embriológicos encontrados se explican con su teoría, en reemplazo del enunciado más fuerte de que son predicciones ("consecuencias esperables") de la teoría. No se trata de un cambio de lógica, sino de una modificación retórica: a partir de aquí, Darwin se propondrá convencer al lector de la existencia de la evolución, y de que su teoría acerca de los mecanismos evolutivos es acertada. El resultado inevitable es un ensayo menos fresco, menos cargado del entusiasmo creativo que puede leerse en pasajes aislados del Cuaderno Rojo y los Cuadernos de la Transmutación y que se hace más evidente en las ideas destiladas del *Sketch* de 1842.

Como se aprecia incluso en los títulos y subtítulos de las distintas secciones del ensayo, Darwin está cada vez más convencido de la existencia de las transiciones paulatinas y el cambio gradual. Ejemplos: "Aparición y desaparición gradual de grupos", "Sobre los grados de complejidad en las clases mayores".

En lo que se refiere al núcleo de la teoría –la generación de variación heredable y la analogía entre la selección natural y la artificial–, no hay nada nuevo en el ensayo de 1844. Darwin todavía piensa que, en gran parte, la variación es producto de "condiciones de la existencia" externas, en particular de cambios en el entorno. Sigue admitiendo que parece haber menos variación en la naturaleza que en animales y plantas domésticos. En la que para mí constituye la mayor incoherencia de sus escritos, Darwin dedica unos cuantos pasajes de la primera parte del ensayo a borrar la distinción entre variedades y especies. Si bien concuerda con Lamarck en que "pocas veces" es difícil distinguir especies cercanas en el espacio, de modo que los problemas para decidir cuándo estamos frente a especies distintas y cuándo frente a "variedades" de una misma especie surgen en grandes extensiones geográficas, inmediatamente después se sumerge en una lista de ejemplos en los que la delimitación entre especies es problemática también a nivel local.

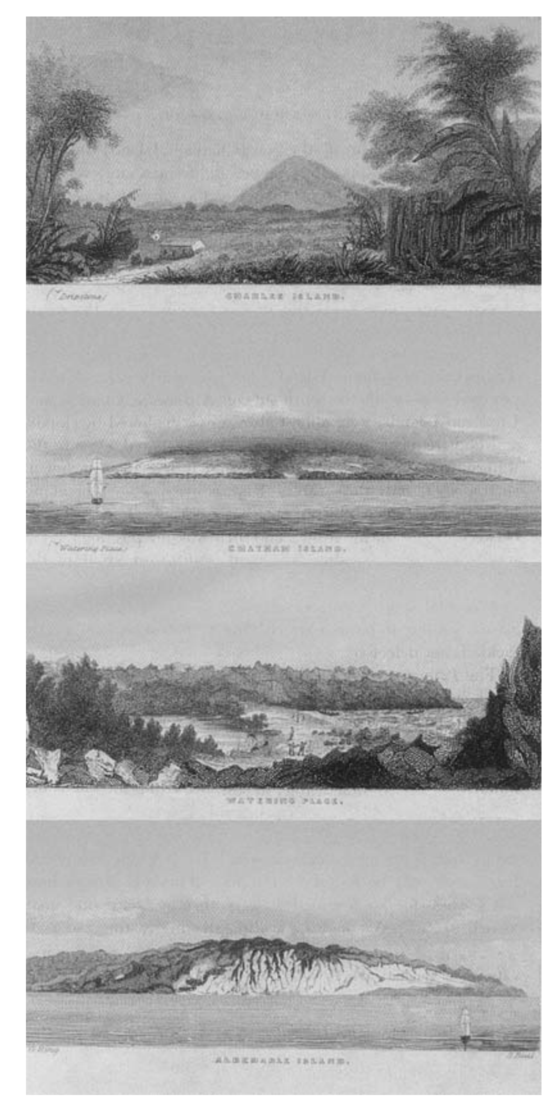
En algunos pasajes, incluso se echa atrás respecto de la definición de especie en términos reproductivos: "La esterilidad de las especies, o de la descendencia cuando se las cruza, ha [...] recibido más atención que la uniformidad de las características de los individuos



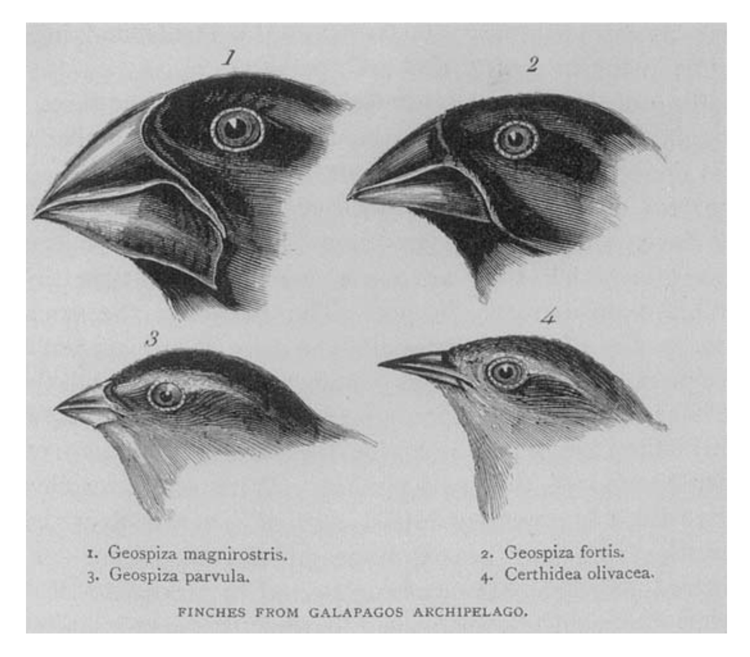
Ñandú dibujado por John Gould. A pesar de que Alcide d'Orbigny había dado un nombre científico a esta especie con anterioridad, hoy en día se la menciona siempre por su nombre vulgar, "ñandú de Darwin".

que conforman la especie" (edición de De Beer, p. 123). Existe, sostiene Darwin, toda una escala de grados de infertilidad entre especies: un nuevo intento de mostrar la gradación entre la diferenciación dentro de una misma especie y la formación de una especie nueva.

Hacia el final del ensayo, Darwin parece arrepentirse del todo, y entonces concuerda plenamente con la afirmación de Lamarck de



Algunas de las islas Galápagos. De arriba abajo: isla de Charles, isla de San Cristóbal, "paisaje con agua" e isla Isabela. Las islas de Charles y San Cristóbal se cuentan entre las más antiguas del archipiélago; cada una de ellas alberga una especie de sinsonte diferente.



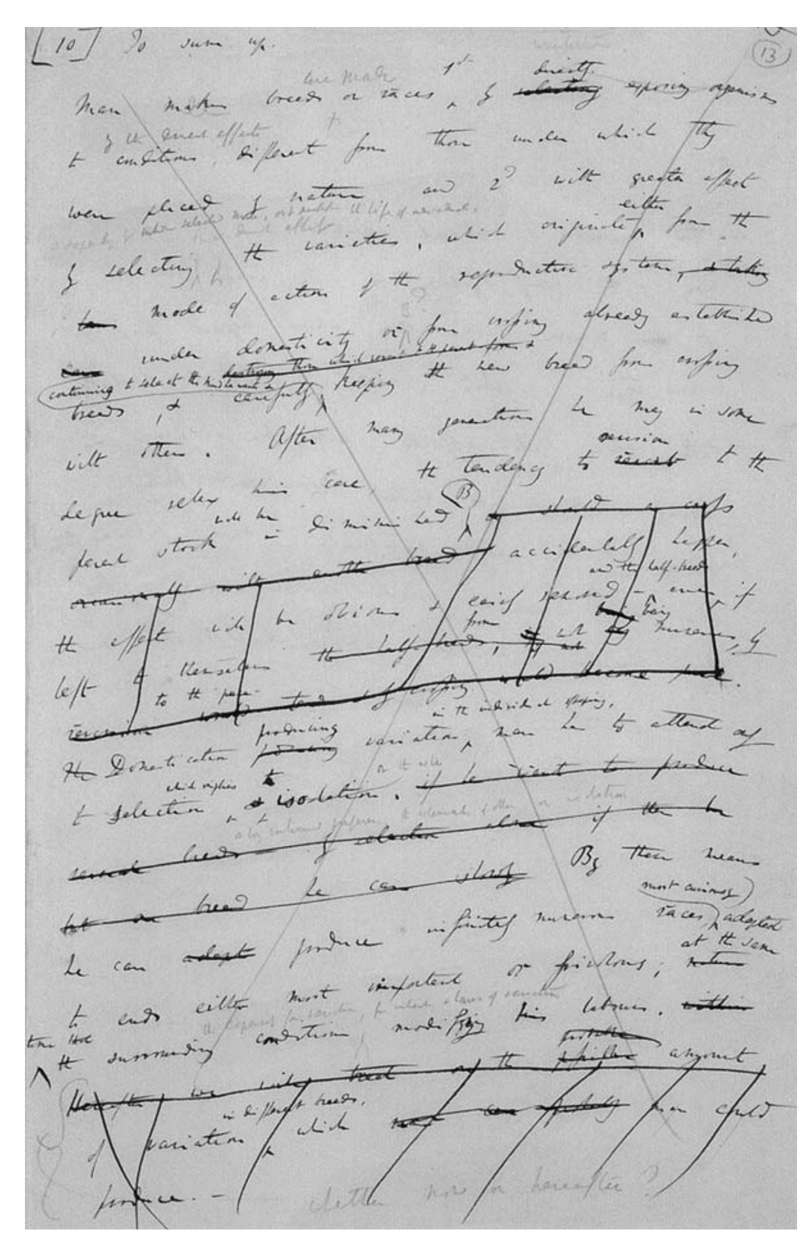
Dibujo de las cabezas de cuatro pinzones, realizado por John Gould. Darwin incluyó esta ilustración en la segunda edición inglesa de *El viaje del "Beagle"*, publicada en 1845. En el párrafo que acompaña el dibujo, Darwin explica: "Al ver la gradación y la diversidad de estructuras en un grupo de pájaros íntimamente relacionados entre sí, podríamos imaginar que, en el archipiélago, de unos pocos individuos salió una especie que se modificó para fines distintos". Se trata del primer indicio publicado de las ideas evolucionistas de Darwin, para ese entonces ya consolidadas en su pensamiento.

que la distinción entre variedades y especies no es clara no sólo cuando se trata de grandes extensiones geográficas, observación que, según Darwin, "parece haber empujado a Lamarck a la conclusión de que las especies mutan" (p. 206). En consecuencia, hay un pequeño conflicto entre la presentación que hace Darwin de la evidencia que prueba los mecanismos de la evolución en la primera sección del ensayo y su análisis de las consecuencias de la evolución, es decir, los patrones que lo llevaron a concluir que la vida evoluciona, que entonces quedan relegados al papel secundario de predicciones confirmadas acerca de cómo deberían ser los frutos del proceso evolutivo. En ese sentido, es fascinante que Darwin men-

El famoso pasaje del Cuaderno D en el que Darwin comienza a caracterizar el mecanismo de la selección natural.

cione el patrón que considera responsable de que Lamarck concluyera que "las especies mutan", pues sólo con la publicación de *El origen de las especies* en 1859 reconocería que los patrones de distribución de formas "afines" en el espacio y en el tiempo lo habían llevado a la misma conclusión que a Lamarck.

El aislamiento sigue siendo un factor importante en el pensamiento de Darwin en 1844. Sin embargo, es significativo que su aná-



Página del *Sketch*, de 1842. Si bien en los Cuadernos de la Transmutación (D y E) se aprecia que Darwin había descubierto el proceso de selección natural antes de 1840, el término "selección natural" aparece por primera vez en el *Sketch*.

lisis de la importancia del aislamiento en el surgimiento de especies nuevas quede en su mayor parte comprendido dentro de la segunda sección del ensayo –"Esbozo de explicación de las leyes anteriores de distribución geográfica, a partir de la teoría de que las especies afines tienen un origen común"– y no en la primera sección, sobre los mecanismos que generan las variaciones y sobre la selección. La organización de los contenidos por parte de Darwin ha tenido una incidencia fundamental en el desarrollo posterior de la teoría de la evolución, y su abordaje del aislamiento es un ejemplo perfecto de ello. Algunos (entre los que me incluyo) concuerdan con el biólogo del siglo XIX G. J. Romanes cuando afirma: "Sin aislamiento, o sin control del entrecruzamiento, la evolución es absolutamente imposible". Otros han hecho su carrera de biólogos evolutivos sin mencionar la naturaleza ni la importancia del aislamiento en absoluto.

En mi opinión, la sección más deslumbrante y reveladora del ensayo de 1844 es la que se refiere al registro fósil, en especial el simple hecho de que, si bien los grandes cambios en el tiempo concuerdan con las predicciones de Darwin, ello no es así en el caso de las historias reales de los linajes de especies individuales, que deben explicarse culpando a los caprichos del registro fósil. Más sorprendente que lo que ya se ha vuelto el procedimiento habitual de Darwin es su coqueteo con los patrones que Cuvier había descubierto tanto tiempo antes: características recurrentes de la historia de la vida que sólo ahora comienzan a atraer la atención de los biólogos evolutivos:

> Casi no es necesario que observe que la aparición lenta y gradual de formas nuevas se sigue de nuestra teoría, pues para que se forme una especie nueva, no sólo una forma antigua tiene que ser plástica en su organización, habiendo adquirido esa plasticidad probablemente a partir de cambios en las condiciones de su existencia, sino que además tiene que surgir un lugar en la economía natural de la zona, para que se seleccione alguna nueva modificación de la estructura, que se adapte mejor a las condiciones del medio que los otros individuos de la misma especie o de otras (pp. 163-164).

Nada de Cuvier aquí; sólo un resumen conciso y elegante de las ideas de Darwin. Sin embargo, en su edición de 1909 del ensayo, Francis Darwin agrega una nota al pie al final del pasaje (reproducida textualmente por De Beer) con una anotación original de Darwin y un comentario propio:

> [Nota del original] Mejor comenzar por aquí. Si de verdad las especies inundaran el mundo después de las catástrofes, mi teoría sería falsa.
>
> [Agregado de Francis Darwin] En el pasaje anterior, el autor está muy cerca de su teoría de la divergencia.

Antes (y también después, en *El origen de las especies*) Darwin menciona grupos de especies relacionadas que pueden haber surgido y desaparecido en forma repentina, pero aquí, en la nota, se refiere a una característica más general de las extinciones y el surgimiento posterior de biotas; es el tipo de patrón que tenía en mente Cuvier en un contexto no evolucionista, y el que muchos de nosotros consideramos fundamental para comprender el funcionamiento de la evolución. "[M]i teoría sería falsa" se refiere solamente a la visión de Darwin de la evolución gradual de las especies de acuerdo con la selección natural, tal como la había descrito en el pasaje citado inmediatamente más arriba. Sin embargo, ni la noción cabal de evolución ni el proceso de selección natural se ven falsados por admitir que "de verdad las especies inunda[n] el mundo después de las catástrofes". En realidad, admitir la existencia de ese tipo de patrones recurrentes en la historia de la vida nos obliga a repensar el contexto medioambiental en el que tiene lugar la selección natural.

Francis Darwin también está en lo cierto cuando afirma que la frase de Darwin "tiene que surgir un lugar en la economía natural de la zona" anticipa el único desarrollo de la teoría posterior a 1844: la "teoría de la divergencia", según la cual las especies nuevas y, por ende, las adaptaciones nuevas –o "innovaciones evolutivas"– sobreviven sólo si encuentran nuevos medios de ganarse la vida en lo que Darwin, con tanta precisión y presciencia, llama la "economía natural". Que las probabilidades de supervivencia de una especie tienen mucho que ver con que encuentre un nicho distinto de los de

las otras especies existentes (especialmente las especies progenitoras, si entran en contacto con éstas) es un tema que se ha incorporado recientemente al pensamiento evolutivo dominante. Darwin está muy cerca de advertirlo cuando afirma que parece haber una correlación entre la extensión geográfica de una especie fósil y su existencia ininterrumpida en los estratos geológicos. En un importante comentario que, de haber continuado, habría eliminado las preocupaciones de Darwin acerca de la falta de concordancia entre el registro fósil y su teoría, Darwin sostiene: "Al ver a algunas especies en el presente adaptadas a un amplio abanico de condiciones, podemos suponer que esas especies podrían sobrevivir sin cambiar y sin extinguirse durante mucho tiempo" (p. 165). A continuación, se detiene en la cuestión de por qué algunas especies se adaptan mejor que otras, tema que resulta "difícil de explicar". En eso tiene razón, pero el tema ha vuelto a la palestra en los últimos años del siglo XX y se ha ganado un lugar importante en las consideraciones acerca de las tasas de especiación y extinción.

En el mismo sentido, hay varios otros temas del ensayo de 1844 que resultan increíblemente modernos, pese a que no se los ha tenido muy en cuenta sino hasta el pasado más reciente. Por ejemplo, Darwin sostiene que el fenómeno responsable de la uniformidad de las especies es la cruza y no la selección, lo que, sumado a la capacidad diferencial de adaptación entre especies, anticipa lo que constituirá (como veremos en el capítulo 5) la principal explicación de por qué las especies conservan su uniformidad en el tiempo además de en el espacio. También formula con claridad (p. 114) lo que luego se denominó el "efecto fundador": las consecuencias derivadas de la formación de una nueva población de individuos a partir de un número muy reducido de éstos de ambos sexos (o que incluya al menos una hembra preñada) que ocupan un nuevo territorio y, en las "nuevas condiciones de existencia", llevando consigo una pequeña muestra de la variación existente en la especie progenitora, evolucionan rápidamente por la presión selectiva.

El ensayo de 1844 muestra la estabilización del pensamiento de Darwin y la cristalización de su estilo. El texto termina con unos pasajes sobre los rinocerontes del este de la India y con la rimbombante conclusión acerca del "esplendor en esta concepción de la vida".

Y si bien en la correspondencia que ha llegado hasta nuestros días Darwin trata algunos de los puntos mencionados después de confesar su "crimen" a Hooker (también en 1844), no hay otros documentos escritos de sus pensamientos sobre la evolución hasta fines de la década de 1850. La escritura de su obra fundamental –que, significativamente, en un principio recibió el título *Selección natural*– comenzó en 1856. (R. C. Stauffer publicó una transliteración de la segunda parte del manuscrito en 1975.) Darwin se encontraba en plena tarea cuando le llegó el manuscrito de Wallace en junio de 1858. Entonces abandonó lo que habría sido un tedioso y larguísimo tratado para escribir lo que de todos modos fue un texto mucho más extenso de lo que el autor había escrito hasta ese momento: el "compendio" de 1859, *Acerca del origen de las especies por medio de la selección natural; o la preservación de ciertas razas favorecidas en la lucha por la vida.*

EL ORIGEN DE LAS ESPECIES

Para la época en que Darwin publica sus ideas acerca de la evolución, había recorrido un largo camino de escritura, pero nadie lo sabía excepto él y Emma. Si bien es cierto que había intercambiado cartas con un círculo pequeño de amigos y colegas, no le había dado a ninguno la oportunidad de leer el ensayo de 1844 completo, de modo que el grupo reducido de sus interlocutores conocía la teoría y el modo de argumentar del autor sólo por fragmentos.

La publicación de *El origen de las especies*, que tuvo lugar en 1859, lo cambió todo. Es un trabajo de madurez en el mejor y en el peor de los sentidos. A quienes compraron la primera edición –y, en ese sentido, se beneficiaron con las muchas repeticiones, permitiendo a Darwin que pusiera a punto su lógica mientras ordenaba los argumentos y reunía montañas de ejemplos bien elegidos– les pareció un texto novedoso. El problema es que leer las repeticiones del principio muestran a *El origen de las especies* como lo que verdaderamente es: no el trabajo de alguien poseído por el frenesí creativo, sino una exposición cuidadosamente elaborada de alguien para

quien las ideas presentadas habían dejado de ser novedosas mucho tiempo atrás. El entusiasmo de los primeros tiempos está aplacado y, si bien es cierto que Darwin expone su mejor material argumentativo después de años de consideraciones y ensayos, también lo es que estaba más comprometido que nunca con sus ideas acerca de cómo la selección natural, al operar sobre la variación (a la que todavía consideraba provocada en gran medida por "condiciones externas"), era responsable de toda la historia evolutiva de la vida. Para quienes hemos tenido la suerte de leer los primeros trabajos de Darwin, los apuntes y los ensayos no destinados a publicación, no hay nada nuevo en *El origen de las especies.*

Pese a que, para la época en que escribe *El origen de las especies*, Darwin había abandonado la división del proceso en dos partes (variación, selección artificial y natural) y la concepción de los patrones encontrados como consecuencias esperables de la evolución (geografía, registro fósil, clasificación, unidad de tipo, anatomía comparada y embriología, con especial atención a los instintos y al decepcionante registro fósil del linaje de las especies), los catorce capítulos de la primera edición del libro siguen el orden de los temas de los dos ensayos anteriores. Aunque el texto tiene ya 490 páginas, el grosor se debe al agregado de numerosos ejemplos, seleccionados de la bibliografía, la correspondencia y los experimentos y las observaciones personales del naturalista.

Uno de los ejemplos más interesantes es el que proviene de la experiencia directa de Darwin con la cría de palomas. Dice el autor: "En la creencia de que siempre es mejor estudiar un grupo en particular, me he centrado, después de pensarlo con detenimiento, en las palomas domésticas" (p. 20 de la edición original). Partiendo de la observación de que todas las variedades domésticas provienen del mismo antecesor, la paloma bravía o *Columba livia*, Darwin trata la reversión al "tipo original" y la generación de razas bien distintas por medio de la selección artificial. Su trabajo con las palomas domésticas es muy diferente del que había realizado ocho años antes con los percebes. De hecho, éstos reciben una menciones breves en unos pocos pasajes de *El origen de las especies*, lo que refleja la convicción de Darwin de que son resultados esperables de su teoría de la evolución por medio de la selección natural y no fuentes

que permiten comprender el proceso evolutivo en sí. Esa actitud es la que prevaleció en el desarrollo posterior de la biología evolutiva.

El compromiso de Darwin con sus ideas lo lleva a borrar la distinción entre variedades y especies en *El origen de las especies*. Respecto de las especies y las subespecies advierte que estas "diferencias se mezclan entre sí por series insensibles, y una serie imprime en la mente la idea de un tránsito real" (p. 51).* Si bien el aislamiento reproductivo sigue allí, en el trasfondo de la cuestión, Darwin se aparta de la clara definición de especie basada en criterios reproductivos y adopta la idea de que las especies son las que un naturalista experimentado considera como tales. El acento está puesto en ver a las especies como grupos de organismos similares en lugar de centrarse sólo en la reproducción, el aspecto que, en última instancia, garantiza que las especies sean al mismo tiempo relativamente uniformes en lo que hace a su aspecto (porque sus individuos se reproducen entre sí) y distintas de otras especies con las que están emparentadas (porque, por regla general, los individuos de distintas especies no se cruzan). Sin embargo, Darwin recalca que en la naturaleza se encuentran casos de hibridación en distintos grados.

Por lo tanto, las variedades bien definidas son especies incipientes, y así sucesivamente. La forma que ha encontrado Darwin de acomodar la afirmación de Whewell (1837) de que "Las especies tienen una existencia real en la naturaleza, y no existen transiciones entre ellas" es eliminar la "existencia real" de las especies en la naturaleza en tanto entidades discretas para establecer que, de hecho, sí existe una "conexión" entre especies (la evolución). Pasaron muchos años hasta que recuperaron su estatuto como entidades reales en la biología evolutiva, y la condición de las especies sigue siendo objeto de debate, aunque en ciertos círculos se hace caso omiso de la dimensión polémica del concepto. Mucho antes de escribir *El origen de las especies*, Darwin llegó a la conclusión de que las diferencias entre especies emparentadas, y también los datos geográficos y estratigráficos que apuntaban a la estabilidad de las especies, eran contrarios a su idea de que la evolución opera por medio de la modificación de rasgos adaptativos a través de la selección natural.

* Trad. esp. cit.: p. 94.

Como advirtieron biólogos de la talla de Ernst Mayr, Darwin no resuelve el problema del surgimiento de nuevas especies (pese a que muchos pasajes de su obra tratan la derivación de especies como consecuencia del aislamiento geográfico), sino que minimiza la existencia de aquellas especies cuyo origen requiere alguna teoría específica que lo explique.

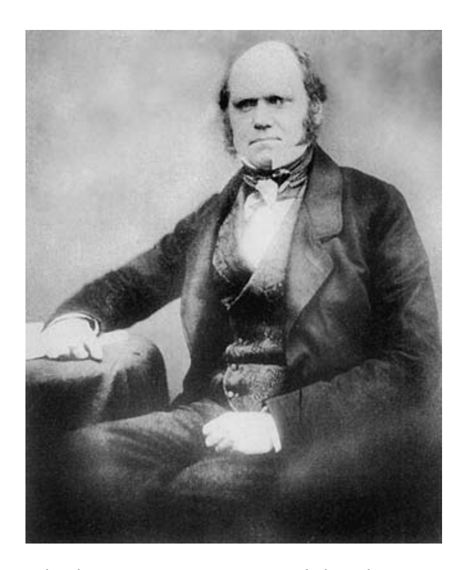
El aislamiento todavía tiene un lugar en el pensamiento darwiniano. Sin embargo, concuerdo con los historiadores que observan que el papel de este concepto es cada vez menor, comparado con las afirmaciones anteriores respecto de la necesidad del aislamiento para el surgimiento de nuevas especies y para contrarrestar la tendencia ineludible de la cruza a borrar las diferencias entre poblaciones de una especie que habitan regiones distintas. De hecho, después de enumerar los motivos por los cuales el aislamiento debe considerarse importante, Darwin afirma lo siguiente:

> Aunque el aislamiento es de gran importancia en la producción de especies nuevas, en general me inclino a creer que la extensión del área es aun más importante, especialmente para la producción de especies que resulten capaces de subsistir durante un largo período de tiempo y de extenderse a gran distancia (p. 105).*

Así, los patrones de distribución similares a los del ñandú (especies muy cercanas que se reemplazan en el espacio en regiones continentales extensas) pasan a ser más importantes para Darwin que los efectos del aislamiento en archipiélagos como las Galápagos. En un principio, ambos captaron el interés del naturalista y tuvieron la misma importancia, aunque es preciso decir que, hacia fines de la década de 1830 y principios de la de 1840, las características encontradas en las islas Galápagos eran las que parecían tener más peso en el desarrollo de la teoría.

Una novedad de *El origen de las especies* es su único diagrama. Insertado entre las páginas 115 y 116 de la primera edición, el diagrama (publicado aquí en p. 218) acompaña el anuncio del "principio de divergencia", que de hecho ya aparecía, al menos en forma

* Trad. esp. cit.: p. 135.



Charles Darwin en 1854. Decidido a dar a conocer su teoría evolutiva, pronto empezaría a trabajar en su "gran libro de las especies".

embrionaria, en el ensayo de 1844, aunque el autor lo considera una idea nueva que se le ocurre en 1854. Darwin compara la diversificación de especies emparentadas con la división del trabajo de las partes del cuerpo en un organismo –analogía algo forzada, por cierto–. Lo que sí es válido es la afirmación de que cuanto más diversificada está una especie, más posibilidades tiene de encontrar su propio nicho en la economía de la naturaleza (p. 111 y ss.). Como hemos mencionado, esta idea fue retomada en los últimos años por los biólogos evolutivos.

Los temas restantes de *El origen de las especies* resultan familiares. Darwin utiliza el único diagrama que incluye en el libro para ilustrar dos de los patrones que menciona: la clasificación y la anatomía comparada (incluidas las cuestiones de desarrollo embrionario). El diagrama y su utilización en varios pasajes del libro muestran que Darwin advirtió que una de las dos "predicciones" de la "descendencia con modificación" sería la conformación de una estructura arbórea de antepasados, descendientes y linajes colaterales con distintos grados de parentesco ("proximidad de linaje"). De ahí

que los grupos anidados (géneros, familias) de las clasificaciones de Linneo sean lo que esperaríamos encontrar en el proceso de descendencia con modificación, y que la clasificación reproduzca la estructura de la similitud de rasgos anatómicos y los estadios embrionarios.

La segunda gran predicción de la evolución es que debería haber una secuencia básica en el registro fósil que fuera de las formas más simples a las más evolucionadas y puntos de contacto *grosso modo* entre los organismos más antiguos y los cada vez más nuevos del registro, un hecho ya conocido para el cual Darwin se vale una vez más del diagrama. Reitera entonces su idea de que –aun cuando "según la teoría de la selección natural, la extinción de formas viejas y la producción de formas nuevas y perfeccionadas están íntimamente enlazadas entre sí"– la "antigua idea de que todos los habitantes de la Tierra fueron aniquilados por catástrofes en los sucesivos períodos ha sido, en términos generales, abandonada" (p. 317).* No considera la versión levemente modificada del patrón analizado, es decir, que muchas, pero de ninguna manera todas, las especies de una región (o, en casos aun menos frecuentes, de todo el planeta) de hecho pueden ser "aniquiladas" ni cuál sería la dinámica evolutiva en ese caso. En cambio, insiste en que, en la mayoría de los casos, la extinción es un proceso gradual que, en gran medida, es producto de la competencia entre especies más antiguas y formas posteriores que están destinadas a derrotar a sus progenitores, a reemplazarlos literalmente llevándolos a la extinción. Hoy en día, el razonamiento es el inverso: existe una relación causal entre extinción y evolución, pero es la extinción la que desencadena la evolución. Las especies nuevas tienden a surgir y a sobrevivir (en virtud del "principio de divergencia" de Darwin) sólo cuando una cantidad significativa de especies existentes se han extinguido, casi siempre como consecuencia de cambios "catastróficos" –o al menos abrumadores– en las condiciones físicas de la vida.

Darwin continúa pensando que el hecho de que ciertos fenómenos parezcan catástrofes –y la falta de ejemplos de cambio gradual

* Trad. esp. cit.: p. 347.

Página de las notas de Darwin escritas en 1855. En este párrafo, el autor se explaya sobre el "principio de divergencia", el único agregado de importancia posterior a 1840.

en las especies documentadas en el registro fósil por los paleontólogos– se debe a la naturaleza de la formación del registro estratigráfico, a su tendencia a la erosión y a la metamorfosis y, ante todo, a la dificultad para encontrar, extraer y estudiar los fósiles. Agrega luego, desafiante, su famosa conclusión: "Quien rechace esta opinión de la imperfección del archivo geológico rechazará con toda

razón la teoría" (p. 342).* En ningún momento considera la posibilidad de que, si bien estaba cerca de la verdad con respecto a la edad de la Tierra y los caprichos del registro fósil, los patrones que observó cuando de joven analizó los fósiles de América del Sur –patrones que lo llevaron, junto con los guanacos y los ñandúes, a postular la existencia de saltos en la evolución en sus primeras anotaciones sobre el tema en el Cuaderno Rojo– también estaban cerca de lo correcto. Esos patrones estaban llenos de implicaciones sobre el proceso evolutivo. No obstante, subyugado por la idea de la continuidad, que se desprendía de su imagen mental de la selección natural en especies enteras (sin importar cuán extendido estuviese su hábitat), Darwin les da la espalda a los datos del registro fósil que en un principio lo llevaron a formular la idea de la evolución.

Es bueno repetir que, como se ve, la adopción del método hipotético-deductivo por parte de Darwin no es plena. El científico se aferra a su teoría y descarta la evidencia fósil de pequeña escala porque no la considera confiable. Se niega a rechazar la teoría porque los fósiles no indiquen la existencia de especies con una gradación imperceptible. Por supuesto, eso no importa demasiado, pues la teoría *era* correcta. Lo que era inexacto era la predicción de cómo debería verse el registro fósil si la teoría de la evolución por medio de la selección natural fuese acertada. Darwin se equivocó cuando imaginó que la selección natural podía transformar una especie entera y extendida en el espacio lenta y gradualmente a través del tiempo geológico, en un paralelo exacto con la exitosa actividad cooperativa de los criadores locales, que seleccionan artificialmente rasgos determinados de distintas razas.

Y eso es todo. *El origen de las especies* es una exposición madura y bien escrita de las ideas de Darwin tal como estaban a fines de la década de 1850. Sin embargo, en esencia, esas ideas ya estaban presentes en los dos ensayos de principios de la década de 1840 e incluso, en gran medida, en los cuadernos de los años 1830, rebosantes del entusiasmo creativo y la perspicacia inductiva del hombre joven que regresaba de un viaje con la cabeza colmada de impresiones y la necesidad de unirse a las filas de los nuevos hombres de ciencia.

* Trad. esp. cit.: p. 367.

LA EVOLUCIÓN DE DARWIN DESPUÉS DE *EL ORIGEN DE LAS ESPECIES*

El origen de las especies se reimprimió unas cuantas veces en lo que, de manera errónea, recibió el nombre de nuevas ediciones. En realidad, sólo la sexta edición, de 1872 –la versión más comúnmente leída en la actualidad–, incluía enmiendas y agregados significativos. Ninguna de esas modificaciones representó cambios en el pensamiento central de Darwin. Se trató más bien de respuestas (en buena medida parciales y hechas a regañadientes) a algunas críticas. Pese a que Darwin había intentado anticiparse a todas las posibles objeciones y rebatirlas, los críticos de su teoría no aceptaron batirse en retirada sin dar pelea. Por ejemplo, como varios paleontólogos señalaron en sus reseñas del libro la renuencia de Darwin a admitir que las especies suelen permanecer sin grandes cambios durante largos períodos de tiempo en el registro fósil, Darwin se vio obligado a aceptar que algunas especies parecen permanecer estables durante períodos extensos. Algo parecido ocurrió con las dificultades de postular la evolución gradual de estructuras complejas como el ojo humano: el biólogo cristiano George Mivart atacó este punto del texto y con ello obligó a Darwin a explayarse sobre el particular en la sexta edición.

Se dice también que Darwin abandonó su idea original de que absolutamente todos los procesos evolutivos tenían lugar por medio de la selección natural. En particular, se lo acusa de aferrarse mucho más firmemente que en el comienzo a la herencia de caracteres adquiridos, posición cercana a la de Lamarck. En cierto sentido, es verdad, pero es necesario recordar que, incluso en *El origen de las especies*, Darwin adopta la idea relacionada con la anterior de que la variación obedece a condiciones externas, en especial al cambio en el entorno.

En conclusión, no hay más "evolución" en el núcleo central del pensamiento darwiniano. *El origen del hombre* (1871), que contiene un análisis mucho más completo (y, en mi opinión, más explícitamente definido) de la selección sexual, no agrega demasiado al pensamiento canónico del autor. Llama la atención, sin embargo, que en un pasaje de este último libro dedicado a la evolución *per se*,

Darwin vuelva a adoptar una posición más firme, o quizá menos ambigua, en cuanto a la importancia del aislamiento reproductivo. Una vez que surgen las especies –cuando se logra el aislamiento reproductivo–, se vuelven entidades independientes y siguen su propio destino evolutivo, que en última instancia las llevará a la extinción. Sin aislamiento reproductivo, los cambios adaptativos que hayan aparecido en la diferenciación de las especies en "razas", "subespecies" o "variedades" corren el riesgo de reabsorberse, es decir, de desaparecer en el entrecruzamiento –por medio del cual las especies tienden a mantenerse homogéneas– que contrarresta la diferenciación que se produce por acción de la selección natural entre las diferentes poblaciones que habitan regiones distintas dentro del hábitat de una especie. Las especies son "variedades permanentes".

Matices más sutiles en el pensamiento de Darwin pueden apreciarse en la voluminosa correspondencia posterior a la publicación de *El origen de las especies*. El aislamiento, por ejemplo, tiene un lugar fundamental (como veremos en breve) en las cartas intercambiadas con el biólogo alemán Moritz Wagner. Sin embargo, una vez más, el pensamiento evolutivo darwiniano que se expone en *El origen de las especies* (la primera o la sexta edición; la verdad es que no importa demasiado cuál se tome) es el que convenció al mundo de que la vida evoluciona. También es el que determinó cómo habría de abordarse el tema, desde ese momento hasta el día de hoy.

5
La evolución después de Darwin

Casi un siglo y medio ha transcurrido desde la primera publicación de *El origen de las especies*. El avance de la tecnología ha traído aparejado un crecimiento sin precedentes del conocimiento científico, especialmente –y casi inevitablemente– en lo que respecta a las profundidades de la física y la química de elementos tan pequeños que no son perceptibles a simple vista y, en el otro extremo, a las dimensiones gigantescas del universo. La biología se ha complejizado mucho. Ahora conocemos las causas de la variación de los individuos y sabemos por qué es heredable, y también estamos empezando a entender cómo la información contenida en el ADN se traduce en el desarrollo de óvulos fecundados y su transformación en seres adultos.

Sin embargo, el mundo –pese a la rápida desaparición de especies provocada por el crecimiento de la población humana y su saqueo de buena parte de la superficie terrestre– es muy parecido al que observó Darwin, y las preguntas básicas por él formuladas siguen vigentes. Se trata de interrogantes referidos al ritmo del cambio evolutivo y a las formas en que los distintos factores que intervienen en los procesos evolutivos se combinan para contar la historia de la vida en la Tierra. La historia de la teoría de la evolución posterior a Darwin es larga y complicada, con vericuetos que surgen como consecuencia de la división del saber biológico en distintos campos de especialización. Casi con seguridad, Darwin fue la última persona que estuvo en poder de toda la información biológica y geológica pertinente disponible en su época para abordar los distintos aspectos de la evolución. La división de la biología evolutiva en cam-

pos como la genética, la ecología, la sistemática, la biología del desarrollo y la paleobiología, entre otros, ha sido inevitable, y "algo bueno" para el crecimiento de la disciplina. Pero la fragmentación de esta esfera del saber ha llevado a luchas de poder y malentendidos intelectuales de peso igualmente inevitables. La mayoría de los paleontólogos sabe muy poco de biología molecular, y los biólogos moleculares no saben mucho de fósiles.

La tarea a la que me enfrento en este capítulo no consiste en repasar absolutamente todo lo que se ha dicho en biología evolutiva desde la época de Darwin, ni comentar o valorar las batallas que se han librado en la guerra entre distintas facciones de biólogos. Me propongo, en cambio, echar una mirada nueva a los temas tratados por Darwin y, como si fuera el propio Darwin, preguntarme qué piensa la ciencia de hoy sobre el origen de la variación heredable, la selección natural, el papel del aislamiento en la formación de especies nuevas (y la *definición* actual del término "especie"), la relación entre la extinción de algunas especies y la aparición de otras nuevas, y el estado del debate entre gradualismo y catastrofismo para los geólogos y los paleontólogos de la actualidad. Podemos concebir a la evolución como el destino de la información heredable y recorrer los ciento cincuenta años que nos separan de Darwin centrándonos en estos temas en particular.

SECUELAS DARWINIANAS

Las reseñas de la primera edición de *El origen de las especies* fueron, como era de esperar, variadas. La mayoría de los críticos advirtió que Darwin tenía algo que posiblemente fuera importante para la resolución del "misterio de los misterios" pero matizaron su admiración con fórmulas típicas del estilo de "es necesario seguir trabajando en el tema". Pese al respeto que generaba el conocimiento de Darwin y la admiración que despertaba su exhaustivo trabajo de investigación, pocos quedaron convencidos de que el problema del origen de las especies acabara de recibir una solución definitiva.

Con respecto a los hombres de ciencia cuya opinión favorable Darwin más anhelaba, pocos se convirtieron al nuevo paradigma. Algunos, como Sedgwick y Henslow, se opusieron categóricamente por cuestiones religiosas. De este grupo, Sedgwick fue el crítico más acerbo. A otros, como Owen, se les notaban los celos, pero es justo decir que los expertos en anatomía comparada de la época estaban casados con nociones de "arquetipos" y entonces estaban más inclinados a ver los sistemas anatómicos como entidades estables que a creer que estructuras complejas del cuerpo de un organismo pudieran transformarse en estructuras radicalmente diferentes en otro tipo de organismo.

La excepción fue Thomas Henry Huxley, el "perro guardián" de Darwin, que llevó la polémica a encuentros científicos y lugares públicos, en uno de los cuales, la Universidad de Oxford, se dio el debate más famoso: el que tuvo con Samuel Wilberforce, obispo anglicano de Oxford, el 30 de junio de 1860. Huxley era anatomista y rival de Richard Owen. La relación entre su entusiasmo por la teoría de la evolución y su rivalidad con Owen es imposible de precisar. Huxley era un científico brillante, capaz de tomar posición en disputas científicas más allá de sus enconos políticos, propios de la profesión. Pero no podemos pasar por alto el hecho de que, como experto en anatomía comparada, nunca compartió plenamente la firme insistencia de Darwin en la continuidad gradual de la evolución de la vida. Ése era el discurso de un experto en morfología. Para Huxley, la evolución existe, pero las transiciones entre distintos diseños anatómicos pueden ser rápidas y repentinas, al menos en ocasiones, como reflejo de su estabilidad inherente.

Las reacciones de la mayoría de las figuras conocidas en la época de Darwin –sus mentores, sus contemporáneos y, más tarde, sus colegas más jóvenes– deben haber sido bastante previsibles. Así como fue gratificante para Charles que Lyell, aun sin abrazar la teoría de la evolución con entusiasmo, llegara a admitir con el tiempo que probablemente Darwin tuviera razón, debió haber sido una amarga desilusión para él que ni William Whewell ni, peor aun, John Herschel aceptaran la teoría. Evidentemente, Whewell no toleraba el cambio en las ideas científicas y, después de todo, Darwin no podía esperar desde lo racional que su colega aban-

donara su concepción de las cosas, teñida por la religión, a favor del evolucionismo.

¿Qué fue lo que ocurrió con John Herschel? Se trata del hombre cuyo "misterio de los misterios" inspiró a Darwin y lo llevó a dejar su huella en el mundo con la solución al problema de por qué las especies nuevas tienden a reemplazar a las que van camino a la extinción. Herschel encontró el santo grial de las ciencias naturales: la formulación de una explicación naturalista para el misterio de los misterios. ¡Qué desilusión debió haber sido para Darwin que el hombre que lo había alentado y le había dado fuerza en su búsqueda científica rechazara la idea central de la teoría, la selección natural, y la calificara de "ley sin orden ni concierto"!

Nadie debería leer las críticas a su propio trabajo. Ni las buenas ni las malas. Darwin afirmó que había aprendido mucho de algunos de los comentarios más críticos sobre sus ideas, pero también escribió que estaba harto de leer críticas negativas. En definitiva, lo que importa es el trabajo que se hizo en biología evolutiva una vez que Charles convenció al mundo intelectual –sobre todo a los científicos más jóvenes– de la evolución de la vida.

Anatomía comparada y sistemática

Gran parte del trabajo realizado en materia de evolución inmediatamente después de la publicación de *El origen de las especies* consistió en traducir los viejos modos de ver las cosas al nuevo paradigma. Se escribieron tratados (como se siguen escribiendo hoy en día) acerca de la evolución de un grupo u otro. Huxley viajó a los Estados Unidos para ver la impresionante serie de fósiles de caballo excavados y estudiados por el paleontólogo Othniel C. Marsh, de la Universidad de Yale, y le escribió a Darwin para contarle de la maravillosa secuencia, que comenzaba con animales pequeños con muchos dedos hasta el surgimiento de los grandes perisodáctilos del presente.

En Europa, el zoólogo alemán Ernst Haeckel transformó el concepto de arquetipo en la noción de esquema corporal común a grupos enteros. La sistemática adoptó de inmediato la idea de Darwin de que el esquema de clasificación de Linneo funciona bien por-

que de verdad refleja la estructura del mundo natural, pero no como producto de un plan de creación divina sino como consecuencia del proceso evolutivo. Los organismos se agrupan naturalmente porque la evolución –"descendencia con modificación"– implica que, cuando surgen nuevas especies a partir de otras preexistentes, se crean linajes con distinto grado de parentesco. Varias especies de ardillas, por ejemplo, pertenecen al género *Sciurus* por la proximidad de su antepasado común. En última instancia, todos los organismos, desde las bacterias hasta las secuoyas, se unen, pues comparten características que heredaron de las primeras formas de vida en la Tierra. Hoy sabemos que esas características están determinadas por las macromoléculas que regulan la herencia, el ADN y el ARN.

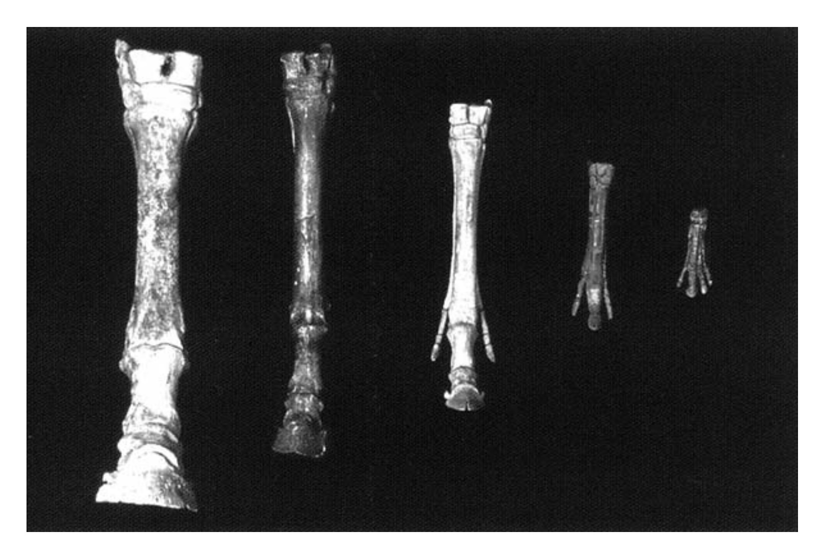
Pocos de esos primeros conversos a la teoría de la evolución agregaron algo significativo respecto de *cómo opera el proceso evolutivo*. Huxley le hizo un comentario a Darwin sobre los saltos en la evolución pero, en su mayor parte, la primera oleada de trabajos relacionados con la evolución estuvo destinada a la documentación de ejemplos de distintos aspectos de la teoría. Casi no hubo investigaciones serias sobre los mecanismos evolutivos en sí, con excepción de las que mencionamos más abajo.

En mi opinión, eso se debe al legado forjado por Darwin con la presentación de sus ideas en *El origen de las especies*, que maniató el pensamiento evolucionista y cuyos efectos se han hecho sentir hasta nuestros días. Darwin era muy inteligente: adoptó su propia sugerencia, la que anotó en la página 118 del Cuaderno E, de repasar todas las pistas, los patrones que lo llevaron a pensar en la evolución, para ver si se seguían naturalmente del proceso de selección natural en el espacio y a través de la enorme extensión del tiempo geológico. Como hemos visto, al desarrollar la noción de que existe una gradación entre variedades y especies en el espacio y afirmar que la ausencia de un cambio gradual y continuo en el registro fósil se debe a deficiencias del registro y no a que el cambio en sí no sea gradual y continuo, Darwin reinterpreta los patrones de cambio intra e interespecíficos en pequeña escala como resultados esperables de su visión de la selección natural. Todos los otros patrones son en realidad consecuencias previsibles a partir de la simple idea

de la evolución y no, como afirma Darwin tantas veces, de una teoría en especial sobre cómo funciona la evolución, o la forma y la medida en que la selección natural es el elemento central del proceso evolutivo. Estas cuestiones implican patrones de distribución biogeográfica en gran escala, es decir, los patrones en gran escala del registro fósil, los conjuntos anidados de parecidos que conectan las organizaciones anatómicas de grandes grupos de animales y plantas –y, por extensión, de todas las formas de vida (a Darwin le habría encantado saber de la existencia del ADN y de los otros grandes descubrimientos posteriores a su trabajo que permiten conectar los grandes grupos de formas que habitan el planeta)–, la progresiva similitud de grupos de embriones y la repercusión de todo esto en las grandes clasificaciones biológicas.

En esta operación intelectual, Darwin oculta a sus sucesores lo que realmente pensó cuando se acercó a la naturaleza y descubrió la gran verdad de la evolución. Al principio, antes de que los patrones encontrados en la naturaleza se convirtieran en resultados esperables de la evolución/selección natural, estaban llenos de implicaciones no sólo de que la vida evoluciona sino también de en qué debería consistir el proceso evolutivo. Al pasar a ser líneas de evidencia secundaria (pruebas de la idea de la evolución y la eficacia de la selección), perdieron importancia como líneas de investigación del proceso evolutivo en sí.

Por eso Darwin casi no menciona los percebes en *El origen de las especies*, pese a haber pasado ocho años dedicado al estudio exhaustivo de la sistemática de estos crustáceos. Pasaron muchos años hasta que la sistemática tuvo algo contundente para decir acerca de la naturaleza del proceso evolutivo. De hecho, aún hoy esta disciplina sigue siendo una fuente de inspiración muy poco utilizada en lo que respecta a la generación y la puesta a prueba de hipótesis sobre procesos evolutivos. La mayor parte de los trabajos realizados en este campo apenas reconoce que los patrones de parentesco descubiertos en las investigaciones analíticas reflejan la historia evolutiva de un grupo (esto se da por sentado) y menos aun se aventuran a "conjeturar" (palabra tan cara a Darwin) sobre las implicaciones que podría tener la distribución espacio-temporal de especies vinculadas a una red de relaciones evolutivas en particular para el conocimiento del



La evolución del caballo tal como se evidencia en los cambios observados en las patas. Los primeros caballos (*Hyracotherium*) tenían cuatro dedos en las patas delanteras y tres en las traseras. Los caballos actuales (*Equus*) tienen un dedo, tanto en las patas delanteras como en las traseras. El registro fósil revela una compleja serie de especies a través del tiempo, en la cual la reducción del número de dedos ocurrió progresivamente en los últimos cincuenta millones de años. Los caballos muestran un claro ejemplo de cambios evolutivos significativos que se han preservado en el registro fósil.

proceso evolutivo en general. En consecuencia, no hemos avanzado gran trecho en la comprensión de la evolución como proceso.

Paleontología

El caso de la paleontología es aun más complicado, dado que se ha visto relegada a los márgenes como consecuencia del éxito del argumento de Darwin de que el registro fósil es demasiado pobre en detalles para confiar en él cuando se trata de indagar acerca de la naturaleza de la evolución de las especies, argumento que ha tenido un enorme alcance y efectos duraderos. La disposición a aceptar la desestimación de Darwin de la falta de concordancia (aparente) entre los resultados esperables de su teoría y lo que en efecto muestra el registro fósil (en tanto consecuencia lógica de las irregulari-

dades inherentes a la preservación de fósiles) no ha reinado sólo entre quienes no se dedican a la paleontología. La mayoría de los paleontólogos también compró la idea. La falta de ejemplos de cambio evolutivo lento y gradual en las especies fósiles, supuestamente atribuible sólo a un registro fósil que típicamente presenta lagunas, es lo que Stephen Jay Gould ha denominado "el secreto comercial de la paleontología".

En mi opinión, no fue sino hasta que George Gaylord Simpson, un eminente paleontólogo norteamericano de mediados del siglo XX especialista en vertebrados, se vio atrapado en el vértigo del resurgimiento de las ideas evolucionistas de las décadas de 1930 y 1940 que se redescubrió el potencial de la paleontología como fuente de inspiración para conocer la naturaleza del proceso evolutivo. Simpson sostenía que, cualquiera fuera el uso que se hiciera de lo que él denominó "determinantes evolutivos" (el carácter y la tasa de mutación, el tamaño poblacional y otras variables genéticas) para elaborar una teoría de los mecanismos de la evolución, la teoría debería contrastarse con el registro fósil. Para Simpson, lo que les ocurre a cien ratas de laboratorio en diez años puede ser interesante, pero no constituye una guía confiable para conocer lo que les ocurre a millones de ratas en millones de años.

En el prefacio a su primer libro, quizás el más creativo, sobre la evolución, *Tempo and mode in evolution* (1944), Simpson ofrece un resumen mordaz de la situación de la biología evolutiva:

> No hace mucho tiempo atrás, los paleontólogos creían que un genetista era una persona que se encerraba en una habitación, bajaba las persianas, observaba cómo retozaban unas moscas pequeñas en una botella y pensaba que en eso consistía el estudio de la naturaleza. Les parecía que una actividad tan alejada de la realidad de la vida no tenía demasiada importancia para la verdadera biología. Los genetistas, por su parte, afirmaban que la paleontología no tenía ninguna contribución más que hacer a la biología, que su único logro había sido la demostración completa de la validez de la teoría de la evolución y que era una disciplina demasiado descriptiva para merecer el nombre de "ciencia". Veían a los paleontólogos como personas que estudiaban los principios

del motor de combustión interna parándose en una esquina y viendo pasar los autos (p. xv).

La genética no existía en la época de Darwin, pero Simpson capta a la perfección la dicotomía planteada por el padre de la evolución. Los mecanismos de la evolución sólo podían abordarse por medio de los principios de generación y selección de la variación heredable; todas las otras características halladas en el mundo natural eran consecuencias esperables de la evolución. De ahí, según Simpson, la necesidad de verificar la existencia de la evolución en sí (Darwin habría agregado "por medio de la selección natural"). Si la verificación no se produce –en el registro fósil de la evolución en el nivel de las especies–, se descarta la evidencia por imperfecta en lugar de repensar la idea en cuestión. Simpson cree que es posible hacer algo mejor: poner a prueba las ideas acerca del proceso evolutivo –en particular, acerca de la generación y la selección de la variación heredable, sobre la cual mucho se sabía ya en la década de 1930– *y corregirlas si sus predicciones sobre lo que debería observarse en la naturaleza no son correctas.*

En boca de un paleontólogo, esas afirmaciones son muy osadas. Simpson adhería a la vieja línea de pensamiento darwiniana según la cual la falta de buenos ejemplos de cambio gradual en pequeña escala, en el nivel de las especies, en el registro fósil era producto de un registro defectuoso. Pero también creía que los patrones en gran escala de aparición abrupta de grupos mayores de organismos (caballos que se alimentan de pasto que descienden de antepasados que ramonean hojas y brotes) no reflejan un registro pobre en el que no se logran conservar millones de años de cambios graduales imperceptibles, sino el hecho de que la evolución de esos grupos nuevos ocurre muy rápido, en oleadas de cambios evolutivos que Simpson denominó "evolución cuántica". El ejemplo de Simpson –que insistía en que el registro fósil tenía verdadero significado, "señales" y no sólo "ruido"– resultó inspirador para muchos paleontólogos posteriores, que intentaron extraer significados evolutivos del registro fósil de la historia de la vida.

Algunos paleontólogos posteriores a Darwin de los siglos XIX y XX se propusieron darle a la evolución una oportunidad. Conven-

cidos de que las muestras densas de especímenes conservados en secuencias de estratos de gran espesor revelarían las "series de cambios graduales imperceptibles" que Darwin pensó que debían existir en un registro fósil completo, bien conservado y bien seleccionado para la toma de muestras, hicieron valientes esfuerzos por hacer coincidir su conocimiento científico con las ideas darwinianas acerca de la evolución. De sus estudios, el más conocido es el de A. W. Rowe, que en 1899 publicó un trabajo sobre la evolución de los erizos de mar del género *Micraster*, según los datos de sedimentos de caliza del período cretáceo en Inglaterra. Rowe sostenía haber encontrado cambios graduales que conectaban una serie de especies a lo largo del tiempo. En realidad, lo que encontró fue un conjunto de especies emparentadas –algunas de las cuales podían estar relacionadas en carácter de ancestro-descendiente– que, sin embargo, *no* mostraban los largos períodos de cambio gradual que convierte una especie en otra con el paso del tiempo geológico. Como había sucedido con los caballos de Marsh observados por Huxley, Rowe y otros paleontólogos no tuvieron inconvenientes en encontrar secuencias de especies emparentadas a lo largo del tiempo. Pero en el nivel micro, la transición gradual de una especie a otra que Darwin exigía por principio en relación con su concepto de la selección natural no apareció en ninguno de esos primeros estudios que se propusieron encontrar la evolución gradual en las series fósiles.

Embriología

Hay un campo que, con baja intensidad pero a ritmo constante, ha producido científicos creativos que aportaron ideas sobre el proceso evolutivo que trascendían la mera demostración de que el comportamiento de la naturaleza coincidía con la idea de la evolución. Ese campo es la embriología, el estudio anatómico comparado del desarrollo embrionario basado en la existencia de mayores similitudes generales entre embriones en estadios más tempranos de desarrollo. Esa característica es la que, según su autobiografía, Darwin tuvo satisfacción en deducir como predicción del proceso evolutivo.

No todos los embriólogos (biólogos del desarrollo) trabajan en evolución, claro está, pues gran parte del trabajo realizado en esta

disciplina analiza el desarrollo en sí. Sucesor del "misterio de los misterios" de Herschel, el proceso por el cual un óvulo fecundado pasa por todos los estadios del desarrollo hasta convertirse en un adulto en edad reproductiva todavía no se comprende cabalmente, si bien el progreso que ha habido, en especial en la era molecular, iniciada en las últimas décadas del siglo xx, ha sido extraordinario.

Sin embargo, quizá porque el desarrollo embrionario es en sí un proceso y la transformación de un óvulo en un individuo adulto puede observarse completa, de principio a fin, los biólogos del desarrollo no han sido tan reticentes como los especialistas en sistemática, los paleontólogos, los biogeógrafos y otros biólogos estudiosos de "patrones" a unirse a las filas de los interesados en el estudio de los mecanismos evolutivos. Karl von Baer, a quien, por ser contemporáneo de Darwin, no puede considerarse evolucionista en sentido estricto, formuló "leyes" generales del desarrollo embrionario que constituyeron la base del trabajo posterior de embriólogos tales como Ernst Haeckel –un darwinista hecho y derecho– y, posteriormente, Walter Garstang y Gavin De Beer, cuya edición de los primeros manuscritos de Darwin contribuyó a conservar el valioso trabajo realizado por Francis Darwin.

En la actualidad, la tarea de la "biología evolutiva del desarrollo" consiste en especificar cómo cambios en la regulación de los genes de un organismo pueden llevar al surgimiento de diferencias entre especies con una relación filogenética muy cercana. El hecho de que el chimpancé y el hombre compartan el 98,6 por ciento de los genes, por ejemplo, se interpreta hoy como una consecuencia del efecto relativo de la regulación del desarrollo, en lugar de considerar que el 1,4 por ciento de genes *no compartidos* es el responsable de las diferencias entre una y otra especie.

Como es sabido, las primeras generaciones de biólogos del desarrollo no conocieron los métodos ni las conclusiones de la genética molecular, y sin embargo lograron señalar en qué momentos del desarrollo embrionario aparecerían modificaciones que llevarían a cambios evolutivos permanentes. Si un nuevo rasgo se añadiera al final de una secuencia de desarrollo, parecería que el embrión pasa por todos los estadios embrionarios de su antecesor y las diferencias aparecen al final. Éste es el origen de la famosa máxima de

Haeckel: "La ontogenia recapitula la filogenia". Muchos años más tarde, Gavin De Beer defendió el efecto contrario: si el desarrollo embrionario de una especie finalizara antes que el de la especie del antecesor, la especie nueva se asemejaría más a la cría de ese antecesor. Exactamente opuesta a la "recapitulación" de Haeckel, la "neotenia" de De Beer parece ajustarse a la evolución humana: los individuos adultos se asemejan más a ejemplares jóvenes de chimpancé que a chimpancés adultos.

Así, la embriología, al menos en un sentido implícito, es la excepción a la regla según la cual la estructura argumentativa de Darwin en *El origen de las especies* reprimió el pensamiento en distintos campos de la biología evolutiva "que estudia patrones".

Ecología y micro-biogeografía: la importancia del aislamiento

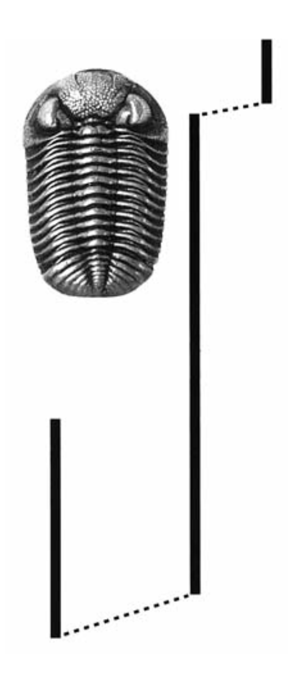
Otro tema cuyo estudio se vio desalentado por la postura ambivalente de Darwin al respecto para la época en que escribió *El origen de las especies* es la importancia relativa del aislamiento en los procesos evolutivos. En sus primeros cuadernos y ensayos, Darwin sostenía que el aislamiento tenía un papel fundamental, pero con el tiempo llegó a pensar que, en los continentes, la norma era la divergencia sin barreras físicas y que, por lo tanto, el aislamiento tal como se lo observaba en archipiélagos como las Galápagos tenía un papel menor en el esquema evolutivo. Sin embargo, el naturalista nunca dejó completamente de lado el aislamiento como factor evolutivo de importancia; recordemos que en un breve pasaje de *El origen del hombre* afirma que el aislamiento reproductivo de una especie es crucial para la preservación de innovaciones evolutivas, que podrían perderse si aparecieran en variedades que se mantuvieran en contacto reproductivo dentro de una misma especie. Además, el aislamiento está relacionado con el principio de divergencia, es decir, la idea de que cuanto más distintas desde el punto de vista adaptativo (más diferenciadas desde el punto de vista ecológico) son las especies nuevas, mayores son sus posibilidades de encontrar su lugar en la economía de la naturaleza y, con ello, de sobrevivir. El principio darwiniano de divergencia es aún una asignatura pendiente del pensamiento evolutivo.

Dada su importancia, el aislamiento es tema de debate en cualquier discusión sobre la génesis y la preservación del cambio evolutivo adaptativo. Forma parte –para muchos teóricos, desde Darwin hasta nuestros días, una parte esencial– del contexto de la evolución: cómo, cuándo y por qué la selección natural actúa para producir un cambio, y cuándo debería esperarse que fuese una fuerza conservadora que permitiera la estabilización de una especie frente a futuros cambios. Si bien nunca se perdió de vista el aislamiento como factor del proceso evolutivo, éste no se convirtió en un aspecto dominante de la teoría sino hasta su renacimiento en la década de 1930.

No obstante, hubo algunos biólogos del siglo XIX y principios del XX que lo analizaron con seriedad. Además de George John Romanes, David Starr Jordan (ictiólogo y rector de la Universidad de Stanford) se dedicó a estudiar la importancia del aislamiento en los procesos evolutivos. Pero el más importante defensor de la importancia del aislamiento entre los biólogos de los años posteriores a la publicación de *El origen de las especies* fue Moritz Wagner, quien, convencido de la existencia de la evolución luego de leer la obra fundamental de Darwin, inició una correspondencia con su autor (en un principio, de tono cordial).

El ensayo del historiador Frank Sulloway sobre el pensamiento de Darwin acerca del aislamiento contiene una semblanza fascinante de Wagner.[1] No caben dudas de que se ha minimizado la influencia de Wagner en la historia del pensamiento acerca de la evolución. Aparentemente, su mensaje cayó en el olvido rápidamente y fue retomado por biólogos posteriores (en especial, Dobzhansky y Mayr en las décadas de 1930 y 1940). Pero al leer la presentación que hace Sulloway de las ideas de Wagner, tuve la misma sensación que cuando me encontré con los primeros pensamientos de Darwin sobre la evolución en el Cuaderno Rojo, cuando afirma que la evolución existe y que ocurre *per saltum*. Cuando leí esas palabras, pensé que, si Darwin no se hubiese desviado de esa línea de pensamiento, no habría descartado el registro fósil, y yo no habría hecho una carrera en el campo de la paleontología evolutiva.

1 F. J. Sulloway, "Geographic isolation in Darwin's thinking", en *Studies in the History of Biology*, vol. 3, 1979.



Características del registro fósil: largos períodos con poco o ningún cambio intraespecífico acumulado, interrumpidos por breves intervalos con cambio evolutivo, que normalmente tienen su correlato en la aparición de una especie (o más) a partir de un antepasado que puede sobrevivir o no. Este ejemplo en particular corresponde a la evolución del grupo de *Phacops rana*, trilobites del devónico distribuidos en América del Norte. El ejemplo se utilizó, junto con otros, en el desarrollo de la teoría del equilibrio puntuado. Las líneas verticales indican los períodos durante los cuales las especies se mantienen casi invariables. Las líneas de puntos representan el rápido proceso evolutivo de la especie nueva descendiente de otra ancestral.

De un modo similar me sentí cuando leí lo que Sulloway tenía para decir sobre Moritz Wagner. Hacía mucho que estaba familiarizado con el nombre y con la insistencia de Wagner en la importancia del aislamiento para la evolución. Lo que no esperaba encontrar era que Wagner hubiera derivado los elementos del "equilibrio puntuado" (la teoría que desarrollé con Stephen Jay Gould en

los primeros años de la década de 1970), no de la observación de patrones de estasis en el registro fósil de algunos linajes y de la teoría de la especiación geográfica, como hicimos nosotros, sino a partir de primeros principios según su concepción de la selección natural, la reproducción y la importancia del aislamiento. De acuerdo con Sulloway, Wagner pensaba que la selección natural actúa introduciendo cambios cuando se produce el aislamiento de poblaciones relativamente pequeñas pero, cuando una especie nueva extiende su territorio y crece en cantidad de individuos, la reproducción intraespecífica tiende a producir su estabilización y la protege de futuros cambios.

El patrón típico derivado por Wagner es el de cambio evolutivo rápido cuando surge una especie nueva a partir de poblaciones de una especie antecesora que se han aislado del resto de las poblaciones de la especie. En consecuencia, habrá largos períodos de relativa estabilidad y poca o ninguna evolución. A Darwin estas ideas le parecieron tonterías; sin embargo, es lo que de hecho se observa en el registro fósil –y lo que, en algún sentido, Darwin también sabía, aunque lo negara–.

Wagner estaba en lo cierto respecto de los patrones básicos. Sin embargo, hoy sabemos que el flujo de genes que preocupaba a Darwin, a Wagner y a tantos otros biólogos evolutivos de la época victoriana no es el agente estabilizador (u homogeneizador) de las especies que se distribuyen por grandes extensiones geográficas. Veremos que hay otros efectos de la interacción entre la geografía y los *pools* de genes que contribuyen a la estabilización de las especies y la ocurrencia de los largos períodos de estasis que con tanta frecuencia se observan en el registro fósil.

Genética

Sin lugar a dudas, las principales diferencias entre el mundo tal como lo conoció Darwin y el actual en lo que respecta a la biología evolutiva tienen que ver con el conocimiento de cómo es que los organismos se parecen a sus progenitores y cómo se genera y transmite la variación heredable dentro de las poblaciones. Darwin saltaría de alegría si pudiera ponerse al día con todo lo que hemos aprendido.

El conocimiento de los principios de la herencia nos ha llegado en oleadas, y cada una de ellas ha tenido profundas implicaciones para la teoría evolutiva. La primera revolución en genética, que comenzó en 1900, fue tan vertiginosa –los hallazgos se sucedían a toda velocidad– que muchos biólogos pensaron en un primer momento que los nuevos descubrimientos daban por tierra con la teoría de Darwin. Llevó varias décadas lograr una reconciliación entre la genética y la teoría evolutiva. La segunda revolución, que comenzó con el desciframiento de la estructura del ADN por parte de Watson, Crick y Franklin a comienzos de la década de 1950, condujo a un panorama sobre los mecanismos de la herencia más claro, más profundo y bastante distinto. Hoy en día, esos mecanismos se conocen a nivel molecular: de qué están hechos, cómo operan en la transmisión de la información a la generación siguiente, cómo se modifican ("mutaciones") y cómo la información genética se traduce en la síntesis de proteínas, sirve como molde y regula el desarrollo de los organismos desde que son un óvulo fecundado. Las reverberaciones evolutivas de esta segunda revolución en genética todavía se hacen oír.

Hoy sabemos que algunas de las conjeturas de Darwin sobre la herencia eran incorrectas. Aunque no era relevante para su teoría de la evolución natural en sí, Darwin adoptó una teoría general de la "pangénesis", según la cual todas las partes de un organismo aportan información heredable a las células sexuales (óvulos y espermatozoides en el caso de los animales). El hecho de que estuviera tan equivocado en lo que se refiere a los fundamentos básicos de la herencia y tan en lo cierto respecto de la acción de la selección sobre la variación heredable es una prueba contundente de que la teoría de la selección natural sólo requiere que *haya* variación heredable. Cómo se genera esa variación y cómo se transmite de generación en generación es una cuestión de gran interés e importancia, pero no es necesario resolverla para articular el principio de selección natural.

Más allá de ello, Darwin estaba equivocado también en algunos puntos centrales de su teoría. El más importante es la estimulación de la generación de la variación heredable por parte del medio físico. Darwin pensaba que, en particular en el caso de cambios en las condiciones climáticas o de otros factores ambientales, la variación sobre la que actúa la selección para que un organismo se adapte

al nuevo medio era de algún modo inducida. La férrea ortodoxia que surgiría poco antes de que el siglo XIX tocara a su fin afirmaría exactamente lo contrario: el medio físico puede inducir mutaciones (por ejemplo, por medio de la radiación) pero no induce la variación heredable que puede resultar útil para la adaptación de un organismo a un medio cambiante. (La posibilidad de que haya circunstancias en las que un cambio ambiental induzca cambios heredables en la regulación temporal del desarrollo es una idea radical que sólo ahora, en los primeros años del siglo XXI, está comenzando a analizarse. En algún sentido, Darwin podría haber tenido razón, como veremos más adelante en este mismo capítulo.) En ediciones posteriores de *El origen de las especies*, Darwin incluye una proposición muy cercana a las ideas de Lamarck: la herencia de caracteres adquiridos por uso y desuso.

El hombre que acabó con todas estas conjeturas (incluida la pangénesis de Darwin) fue el biólogo alemán August Weismann. Weismann, cuyos principales escritos pertenecen al período comprendido entre 1870 y 1890, trazó una distinción fundamental entre soma (cuerpo) y línea germinal (óvulos y espermatozoides en los animales) y sostuvo que sólo el material genético (fuera lo que fuese) del núcleo de las células de la línea germinal contenía la información heredable que se transmite de los progenitores a la progenie. Lo que le ocurre al soma (órganos, tejidos y células no asociados a la línea germinal) es irrelevante para las características que se transmiten a la descendencia.

De este modo, la línea germinal hace que se desarrolle el soma del embrión y las características de los progenitores pasen a la progenie, si bien la transmisión en sí aún se consideraba indirecta y algo oscura. La distinción hecha por Weismann entre soma y línea germinal fue el gran aporte conceptual que abrió camino rumbo a la aceptación de las leyes de la herencia de Gregor Mendel (redescubiertas por tres científicos distintos alrededor de 1900). A partir de entonces, la genética no tuvo límites.

Es justo advertir, sin embargo, que, en un sentido muy concreto, Darwin vio la diferencia entre los aspectos somáticos, no reproductivos de la anatomía y la conducta de los organismos y el costado puramente reproductivo cuando formuló su noción de selección sexual

en contraposición con la de selección natural. La selección sexual tiene que ver solamente con el relativo éxito reproductivo de algunos individuos de una población local dentro de una especie con respecto a otros pura y exclusivamente porque esos individuos son más capaces de aparearse y tener cría. La selección natural tiene que ver con la otra punta del ovillo: qué individuos son mejores en lo que a supervivencia se refiere, es decir, en la capacidad de obtener recursos energéticos (en el caso de los animales, alimento) y de evitar la muerte por enfermedades, depredación, condiciones ambientales extremas y otras causas. La distinción de Weismann entre soma y línea germinal lleva los dos tipos de selección de Darwin al nivel de la célula (e incluso a niveles inferiores, si tenemos en cuenta lo que hoy sabemos sobre cromosomas, ADN y codones). Pero, en el otro extremo, también alcanza a los sistemas biológicos en gran escala. Por un lado, los ecosistemas, donde los elementos se mantienen unidos por medio de la transferencia de materia y energía entre organismos de distintas especies. Por el otro lado, las especies y los taxones superiores (géneros, etc.), que no son sino paquetes de información genética. La distinción de Weismann clarifica la de Darwin y va mucho más allá, pues nos permite ver las diferencias básicas entre los sistemas económicos y los reproductivos en los sistemas biológicos a todo nivel.

Según un rumor, Darwin tenía en su biblioteca de Down House una copia sin abrir de un trabajo enviado por el monje austríaco Gregor Mendel. Hay quienes aventuran que, si Darwin se hubiese tomado el trabajo de cortar las páginas y leer el manuscrito, habría cambiado radicalmente de opinión en lo referente a la naturaleza de la herencia, con todas las consecuencias que ello habría tenido para su teoría de la evolución. El rumor no es cierto, al menos en la medida en que me fue posible comprobarlo.

Lo que sí es cierto es que el redescubrimiento del trabajo de Mendel (publicado por primera vez en 1866 pero ignorado hasta comienzos del siglo XX) produjo un cambio radical en el pensamiento acerca de la evolución. Las ideas de Darwin estaban algo eclipsadas en los círculos de biólogos hacia 1909, año en que, paradójicamente, se conmemoraba el centenario del nacimiento del naturalista y el quincuagésimo aniversario de la publicación de *El origen de las especies*.

Francis Darwin aprovechó el doble aniversario para publicar sus valiosas ediciones del *Sketch* de 1842 y el *Essay* de 1844, celebradas a toda pompa en la Universidad de Cambridge. Sin embargo, el espíritu de la biología de la época era otro, pues el eje había pasado del trabajo de campo al de laboratorio, de las observaciones y los experimentos informales en la naturaleza a la investigación básica, vista universalmente como más precisa y exigente. El foco de atención estaba en el laboratorio. Recuerdo haber consultado un grueso libro de fisiología publicado –vaya paradoja– en 1909, en el que el autor alegremente proclamada el nuevo estatuto de la biología como ciencia consolidada, liberada al fin de nociones anticuadas de historia natural tales como la selección natural de Darwin.

A ambos lados del Atlántico, los biólogos de la primera década del siglo XX tenían motivos para estar entusiasmados. Después de que Weismann ubicara el locus del material de la herencia en el núcleo de las células, los biólogos empezaron a descubrir y a nombrar los cromosomas, y advirtieron el bandeo de los cromosomas gigantes de las glándulas salivales de la mosca de la fruta –organismos a los que "les encanta retozar en botellas de vidrio", según la ingeniosa frase de George Simpson– y los denominaron "genes", las "partículas" de la herencia.

Mendel había demostrado que la herencia de los caracteres presuponía la existencia de partículas ("herencia particulada") y que esas partículas tenían formas alternativas, es decir, variantes. A veces, la combinación de partículas daba lugar a una mezcla (por ejemplo, las flores blancas y rojas podían ser rosadas si heredaban una partícula de cada color). Sin embargo, lo más común era que una de las formas del gen ("alelo") dominara a la otra. Así, por ejemplo, el gen que produce plantas de guisantes altas siempre produce plantas de guisantes altas, toda vez que al menos uno de los dos alelos para la altura esté presente; sólo si hubiera dos copias para la baja estatura, la planta sería baja.

La noción de selección natural de Darwin, en cambio, presuponía básicamente la continuidad de la variación. Así, la altura y la longitud de los caballos variaban dentro de ciertos límites, al igual que la producción de leche en las vacas, el largo del pelo de las ovejas, y así sucesivamente. Pero los primeros resultados de experimentos en genética

confirmaban las observaciones de Mendel acerca de la herencia particulada y las características binarias de los organismos. Se hizo difícil entonces reconciliar la concepción darwiniana de la variación (y de la selección que opera sobre ella) con los nuevos descubrimientos.

Los primeros genetistas también estudiaron el origen de las nuevas variantes, a las que denominaron "mutaciones". La mayoría de las primeras mutaciones estudiadas parecía tener efectos de gran escala –perniciosos y, a veces, directamente letales– para el organismo en el que se manifestaban. Eso también contradecía las predicciones de Darwin, según las cuales las nuevas variaciones serían, si no útiles para el organismo en cuestión, al menos importantes para la variación normal de los individuos sanos de una población dada.

Cuando los avances científicos se suceden a gran velocidad –en particular cuando los nuevos descubrimientos parecen contradecir viejos supuestos sobre cómo funciona el mundo–, suele haber una tendencia a desechar las ideas antiguas en favor de la novedad. Eso fue lo que hicieron muchos de los primeros genetistas que se abocaron al análisis de las implicaciones de los nuevos hallazgos para la teoría de la evolución. Uno de ellos fue el botánico holandés Hugo de Vries, quien llegó a la conclusión de que bastaba con las mutaciones para que surgieran nuevas especies, con lo que prácticamente condenaba a la selección natural de Darwin a la obsolescencia. Sin embargo, la mayoría de los genetistas se concentró en aspectos específicos de un campo que progresaba a toda velocidad, en lugar de dedicarse a repensar la evolución. Quienes de hecho analizaron las implicaciones evolutivas de los avances en genética aportaron poco y nada al desarrollo de la disciplina.

Durante los primeros veinte años del siglo XX, la biología evolutiva atravesó una suerte de Edad Media. El campo era una especie de Torre de Babel en la que los darwinistas ortodoxos se agarraban de los pelos con los genetistas, y algunos paleontólogos sentían que tenían libertad suficiente para promulgar su propia versión de la teoría de la herencia y la evolución. Henry Fairfield Osborn, por ejemplo, director del Museo de Ciencias Naturales de Nueva York, creía que cada linaje estaba dotado de una forma de superación innata que conducía directamente a la aparición de formas superiores. Aunque aplicó su versión de la evolución –a la que denominó

"aristogénesis"– a los titanoterios (unos grandes mamíferos hallados en una sucesión de depósitos terciarios en el oeste de los Estados Unidos), no es casual que haya sido lo más parecido a un aristócrata que podía encontrarse en América del Norte. Tampoco es casual que su nombre aparezca ligado al movimiento eugenésico y, lo que es peor aun, a las políticas de limpieza étnica implementadas por Hitler durante la Segunda Guerra Mundial.

Con todo, la selección natural de Darwin se apoyaba no en el funcionamiento exacto de la herencia sino en la existencia de variación heredable en las poblaciones. El error fue partir del supuesto, como hicieron expresamente algunos biólogos, de que, una vez comprendidos los procesos de la herencia, bastaría con ellos para explicar cómo cambia la información genética con el tiempo. Sólo en la década de 1930, con las explicaciones de Dobzhansky, que ya no dejaban lugar para la incertidumbre, quedó en claro que los procesos biológicos tienen lugar en dos niveles bien diferenciados: el de los organismos y el de las poblaciones. Las mutaciones, el *crossing-over* [entrecruzamiento] y muchos otros procesos ocurren en el nivel de los organismos individuales. La selección –y factores azarosos cómo la "deriva genética", concepto introducido por Sewall Wright en la década de 1930– opera sobre la variación dentro de una población determinada. Darwin tenía razón, aunque nunca lo haya expresado de este modo. Si bien podemos conjeturar que le habría encantado tener un conocimiento acabado de la generación de la variación heredable, ese conocimiento no es necesario para el desarrollo de sus ideas. Le bastó con saber que la variación heredable existía para formular su idea malthusiana de la selección natural. Lo mismo, claro está, vale para Alfred Russel Wallace.

La síntesis evolutiva

Para la década de 1920, con el perfeccionamiento de las técnicas y los experimentos de laboratorio, las mutaciones ya no se veían como fenómenos deletéreos de gran escala y habían pasado a constituir la fuente primordial de la variación genética en las poblaciones. Por su parte, los genetistas empezaban a hablar de la base multifactorial (multigénica) de la herencia de muchos rasgos, con lo que se

borraba la dicotomía entre las leyes binarias de la herencia de Mendel y la variación continua de Darwin.

Se necesitaron tres matemáticos de un talento extraordinario para que la biología evolutiva saliera del punto muerto en el que se encontraba gracias a la reconciliación de la nueva genética con la antigua doctrina darwiniana. Esos tres matemáticos fueron los británicos Ronald Fisher y John Burdon Sanderson Haldane y el estadounidense Sewall Wright, cuyos escritos más importantes datan de los años posteriores a la Primera Guerra Mundial, hasta bien entrada la década de 1930. Junto con sus colaboradores, estos tres hombres fundaron lo que hoy se denomina "genética de poblaciones", disciplina que consiste en el estudio del destino de las frecuencias genéticas en las poblaciones según distintas tasas e intensidades de mutación, selección y migración (flujo) de genes de y a otras poblaciones.

Fisher en particular volvió a poner la selección natural en el centro de la escena de la teoría evolutiva. Y de un modo que recuerda el método del propio Darwin (aunque Fisher era principalmente especialista en estadística y no naturalista, y Darwin había recurrido poco y nada a la matemática), su panorama del proceso evolutivo tiene como ejes casi excluyentes la variación y la selección. En la tradición fisheriana, las nociones de aislamiento, especie y especiación aparecen muy poco. En cambio, la evolución se ve sobre todo como un proceso de adaptación, es decir, de selección que sigue a un cambio en el entorno y modifica los rasgos de los organismos en consecuencia, siempre cuando exista una variación que le permita operar.

Esa tendencia a ver la adaptación por selección como el único proceso evolutivo importante (si bien complejo) ha dominado algunos reductos del quehacer biológico hasta el día de hoy. El surgimiento de la genética molecular ocasionó un retorno conservador a la postura purista de adaptación por selección natural que, en cierto sentido, retoma la esencia del pensamiento darwiniano más estrecho. En búsquedas como la del "gen egoísta" ya no se presta ningún tipo de atención al contexto de la selección natural, a cómo opera la selección en las poblaciones (y no en especies enteras),[2] en

2 Esta distinción suele pasarse por alto en la genética de poblaciones de raíz matemática, como por momentos la pasó por alto Darwin en su trabajo.

qué circunstancias se traduce en cambios adaptativos direccionales y en cuáles circunstancias contribuye a la estabilización de una población, y cuál es la relación entre el aislamiento y la especiación, por un lado, y la generación y la retención de innovaciones evolutivas, por el otro. Se trata de cuestiones muy importantes, que han atraído y siguen atrayendo a un sinnúmero de biólogos evolutivos de distintas especializaciones (desde la genética molecular o la genética ecológica hasta la paleontología).[3] Sin embargo, es perfectamente posible leer un texto sobre evolución escrito en estos primeros años del siglo XXI y, después de leerlo, quedarse con la idea de que la evolución es un mero producto de la competencia entre genes para pasar a la generación siguiente, o de que el proceso evolutivo no es más que la generación de cambios adaptativos evolutivos por medio de la selección que opera en la variación heredable de una especie. Pues no es tan así.

Sewall Wright dedicó su carrera al estudio de los resultados de la cruza de animales y a la aplicación de aspectos de la teoría matemática a los procesos evolutivos. Pese a estar bastante lejos del prototipo del naturalista, Wright nos legó la imagen de la estructura genética de las especies que utilizamos aún hoy. Usó el término "demes" para referirse a las poblaciones locales que se reproducen. Los demes son partes semiindependientes de las especies; cada uno tiene su propio subconjunto de la variación genética total presentes en la especie como un todo y su propia historia de mutaciones y selecciones. Están expuestos a lo que Wright denominó "deriva genética", es decir, la fijación azarosa de los alelos en la población independientemente de la acción de la selección natural.

A comienzos de la década de 1930, Wright comenzó a usar la metáfora del "paisaje adaptativo". En ese paisaje, los picos estarían ocupados por lo que Wright pensaba que eran las combinaciones "más armoniosas" de alelos: las que daban origen a los individuos más "aptos" y fuertes. En el enfoque de Wright, la tarea de la evolución consistía en aumentar el número de individuos con las combinaciones más saludables de genes tanto como fuera posible y minimizar las combinaciones menos armoniosas.

3 Al final de este capítulo se incluye un resumen de la bibliografía sobre estos temas.

Sin embargo, Wright –junto con otros genetistas, como Theodosius Dobzhansky– pronto se apropió de la metáfora con fines más ambiciosos. Los picos pasaron a estar ocupados por los demes y el problema de la evolución pasó a ser el destino de la información genética dentro de los demes y el flujo de la información entre demes. Un interrogante posible dentro de este planteo sería: ¿cómo hace una combinación nueva, más perfecta, de genes que surge en una población determinada (deme), que produce individuos mejor adaptados, para pasar a los demes cercanos y, en última instancia, para extenderse a toda la especie?

Darwin y casi todos sus contemporáneos –incluido Moritz Wagner– pensaban que la capacidad de reproducción implicaba la inevitable estabilización de las especies, incluso su homogeneización. De hecho, por ese motivo Darwin adoptó el concepto de aislamiento y el desarrollo del aislamiento reproductivo en *El origen del hombre*, pues estaba seguro de que las innovaciones evolutivas surgidas en una parte de una especie tenían grandes posibilidades de perderse a menos que el aislamiento cortara los lazos reproductivos entre las poblaciones dotadas de la innovación y la especie antecesora.

Como hemos visto, Moritz Wagner, en apariencia sin contar con ningún tipo de conocimiento específico sobre la naturaleza del registro fósil de la historia de las especies, dedujo su idea de la existencia de largos períodos de estabilidad en el desarrollo de una especie pura y exclusivamente de sus supuestos acerca de la capacidad estabilizadora de la cruza intraespecífica. Pero las especies no son panmícticas (la panmixia es el libre y completo intercambio de genes entre todas las poblaciones que componen una especie en toda la extensión geográfica que ésta ocupa), a menos que consistan de una población localizada, o unas pocas (como sucede, por ejemplo, en las Galápagos). La mayoría de las especies se distribuyen por grandes extensiones, como observó Darwin al comparar la distribución de especies que habitaban en el continente sudamericano con las que vivían en las islas. Así, mientras que las distintas poblaciones de ñandú común de toda América del Sur comparten muchos genes y sin duda existe continuidad genética (si bien esporádica) entre las poblaciones más alejadas dentro del continente, la metáfora del paisaje adaptativo de Wright proporciona una forma alternativa

de deducir la predicción de que, normalmente, las especies permanecen estables durante largos períodos de tiempo.

La realidad es que, por lo general, las especies no cambian de manera gradual y progresiva, como había anticipado Darwin, quien tuvo el poco tino de agregar que la validez de su teoría dependía del descubrimiento de ejemplos de ese tipo de cambio. Como hemos visto, su predicción se sustentaba en la concepción de la selección natural como proceso que afecta a especies enteras, por más amplia que sea la extensión geográfica que habitan, a lo largo del tiempo y en respuesta a cambios en las condiciones del medio. Wagner llegó a la conclusión de que el cruzamiento dentro de una especie evitaría que la selección siguiera modificando la especie en cuestión.

Durante muchos años, los paleontólogos buscaron en vano ejemplos de series graduales de cambios imperceptibles, hasta que comprendieron que el hecho de no encontrarlos permitía extraer una conclusión mucho más profunda que la de que el registro fósil estaba incompleto. El propio Darwin reconoce que las especies tienden a no cambiar y que eso se aprecia en gruesas capas secuenciales de roca sedimentaria. Hoy en día, la paleontología –en especial en el campo de los fósiles marinos, que cuenta con registros más abundantes que los de vertebrados– acepta de manera casi unánime que la estasis (la estabilidad de las especies) es un fenómeno real. Más allá de los metros de roca sin fósiles que puedan interrumpir la presencia de una especie en una secuencia completa de sedimentos, cuando vuelve a haber fósiles la especie se ve muy parecida a como se veía en las muestras tomadas más abajo (y más arriba).

Hoy sabemos que, en la mayoría de los casos, las especies de invertebrados marinos permanecen sin cambios significativos durante más de cinco o diez millones de años, y en ocasiones incluso muchos más. Las especies de vertebrados (mamíferos, dinosaurios y otros), cuando aparecen en secuencias largas, permanecen inalteradas durante períodos más cortos, de unos pocos millones de años, que de todos modos es muchísimo tiempo. Esto es, a todas luces, incompatible con la reformulación que hace Darwin de los patrones evolutivos a partir de sus experimentos mentales sobre cómo opera la selección en las especies a través del tiempo. Es evidente que la estasis requiere una explicación evolutiva.

Si menciono la estasis en este punto de la discusión, en conjunción con la metáfora analítica de la estructura genética de las especies propuesta por Wright, es porque estoy convencido de que Wright o algún otro científico (un Moritz Wagner moderno) podría haber derivado la estasis como predicción de la imagen de la estructura de demes de las especies. No hace mucho tiempo, un equipo de genetistas y paleontólogos llevó a cabo un análisis exhaustivo de todos los procesos genéticos que facilitan o dificultan el cambio evolutivo.[4] Ninguno de los factores que actúan contra la generación o la acumulación de cambios genéticos (baja tasa de mutación y, por tanto, de variación, o selección débil) ha tenido nunca más que un efecto transitorio de detenimiento de la evolución. Tarde o temprano se los supera, como demuestra una cantidad ingente de datos provenientes de experimentos y análisis matemáticos.

Sin embargo, los análisis de poblaciones de fósiles y la genética de poblaciones recientes revelan que las poblaciones locales tienen historias evolutivas semiindependientes. Sobre todo en situaciones como la del ñandú de Darwin, en las que las poblaciones de una especie están distribuidas por vastas regiones de un continente (o lecho marino), los demes están casi invariablemente sujetos a distintas circunstancias ecológicas: condiciones climáticas tales como la fluctuación de temperaturas diaria y anual, las precipitaciones y el nivel del mar (que también puede variar de año en año), el tipo y la cantidad de alimento, los tipos de depredación y las enfermedades, y así sucesivamente. Incluso cuando ocurren cambios climáticos extraordinarios (como cuando los glaciares del hemisferio norte avanzan hacia el sur y luego se repliegan), el patrón resultante no es el de una especie que permanece en su lugar y se adapta, sino el de una especie que se desplaza (hacia el sur, en el caso del avance de los glaciares) en busca de hábitats similares a aquellos a los que estaba adaptada en un primer momento, de modo que se mantiene el patrón de mosaico de demes localizados adaptados a las circunstancias del medio local.

Lo que se necesitaba en la década de 1930 era alguien con una mirada ecológica que leyera los trabajos de Wright, imaginara que los

4 Véase N. Eldredge *et al.*, "The dynamics of evolutionary stasis", en *Paleobiology*, vol. 31, 2005.

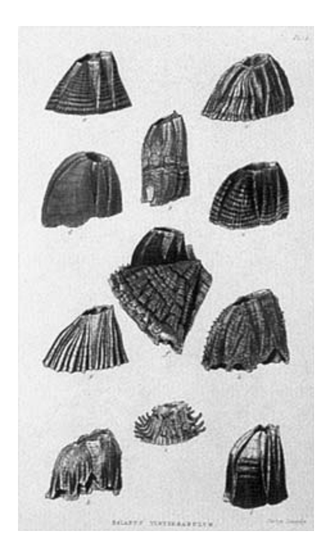


Lámina de una de las monografías escritas por Darwin sobre los percebes. Los ocho años que el naturalista dedicó al estudio de estos crustáceos quedaron registrados en una obra que le ayudó a consolidar su reputación como zoólogo y que aún hoy es fuente de consulta. La realidad es que el trabajo con los percebes le sirvió para ocupar su tiempo mientras no se decidía a publicar sus ideas evolucionistas, que para 1842 estaban tan consolidadas que Darwin utilizó poco y nada de su estudio de los percebes en la formulación de la teoría de la evolución por medio de la selección natural.

demes habitaban medios que no eran en absoluto uniformes para toda la extensión de una especie y predijera a partir de allí que las probabilidades de que la selección natural modificara lentamente las adaptaciones de especies distribuidas por vastos territorios y frente a una variedad de circunstancias ambientales serían prácticamente inexistentes. En lugar de eso, lo que se obtiene es un juego de "suma cero": donde el cambio ambiental tiene diversos efectos (incluida potencialmente la migración) sobre la genética de la población local, según el tipo de variación presente, las mutaciones que ocurren y el consiguiente régimen de selección no producen un cambio neto común que afecte a toda la especie del mismo modo.

Eso es lo que se observa en el mundo natural: variación geográfica entre los demes en un momento dado (de lo cual Darwin, por supuesto, estaba al tanto). Los patrones de variación geográfica también se evidencian a través del tiempo, de modo que, con frecuencia, la especie entera parece exhibir unas leves oscilaciones que casi nunca llegan al nivel en que el estado promedio de un rasgo en particular se aparta de la condición media de todo el linaje. Y esto ocurre de este modo durante millones de años. Veremos ese patrón de estasis oscilante cuando analicemos la historia evolutiva de los pinzones de las Galápagos, al final de este capítulo.

[*From the* JOURNAL *of the* PROCEEDINGS OF THE LINNEAN SOCIETY *for August* 1858.]

On the Tendency of Species to form Varieties; and on the Perpetuation of Varieties and Species by Natural Means of Selection. By CHARLES DARWIN, Esq., F.R.S., F.L.S., & F.G.S., and ALFRED WALLACE, Esq. Communicated by Sir CHARLES LYELL, F.R.S., F.L.S., and J. D. HOOKER, Esq., M.D., V.P.R.S., F.L.S., &c.

[Read July 1st, 1858.]

London, June 30th, 1858.

MY DEAR SIR,—The accompanying papers, which we have the honour of communicating to the Linnean Society, and which all relate to the same subject, viz. the Laws which affect the Production of Varieties, Races, and Species, contain the results of the investigations of two indefatigable naturalists, Mr. Charles Darwin and Mr. Alfred Wallace.

These gentlemen having, independently and unknown to one another, conceived the same very ingenious theory to account for the appearance and perpetuation of varieties and of specific forms on our planet, may both fairly claim the merit of being original thinkers in this important line of inquiry; but neither of them having published his views, though Mr. Darwin has for many years past been repeatedly urged by us to do so, and both authors having now unreservedly placed their papers in our hands, we think it would best promote the interests of science that a selection from them should be laid before the Linnean Society.

Taken in the order of their dates, they consist of:—

1. Extracts from a MS. work on Species*, by Mr. Darwin, which was sketched in 1839, and copied in 1844, when the copy was read by Dr. Hooker, and its contents afterwards communicated to Sir Charles Lyell. The first Part is devoted to "The Variation of Organic Beings under Domestication and in their Natural State;" and the second chapter of that Part, from which we propose to read to the Society the extracts referred to, is headed, "On the Variation of Organic Beings in a state of Nature; on the Natural Means of Selection; on the Comparison of Domestic Races and true Species."

2. An abstract of a private letter addressed to Professor Asa Gray, of Boston, U.S., in October 1857, by Mr. Darwin, in which

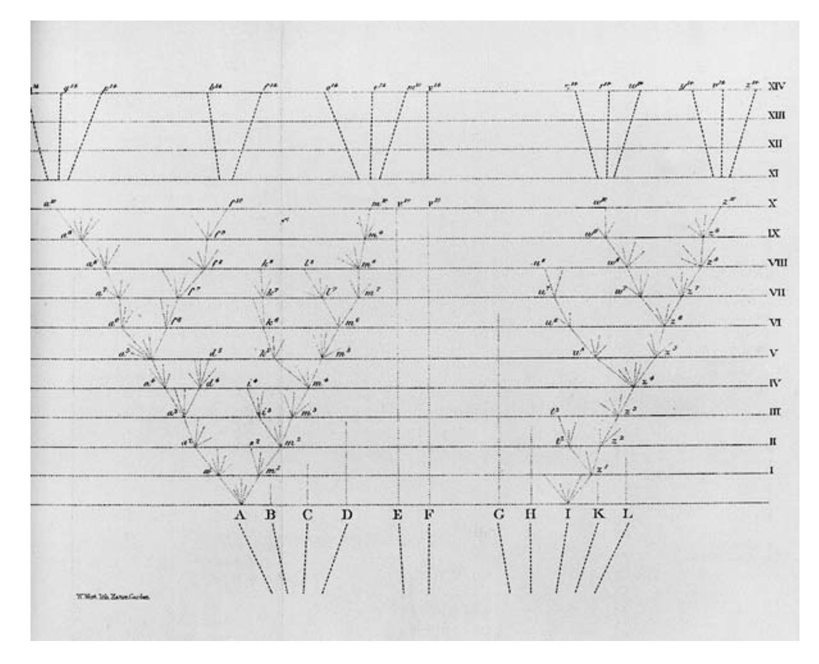
* This MS. work was never intended for publication, and therefore was not written with care.—C. D. 1858.

Lyell y Hooker decidieron que el artículo de Wallace se presentara en 1858 ante la Sociedad Linneo, que luego lo publicó. Se trató de una presentación tripartita de la que también formaron parte un extracto del ensayo de 1844 y una carta que Darwin había escrito al botánico estadounidense Asa Gray en 1857.

Sin embargo, nadie pudo emular a Moritz Wagner y predecir la estasis a partir de primeros principios basados en el trabajo de Wright. Fue sólo en la década de 1960 que la realidad empírica de la estasis –y la necesidad de explicarla– empezó a hacerse patente para los paleontólogos. Mientras tanto, muchos hechos se fueron añadiendo



La experiencia de Darwin con la cría de palomas le proporcionó un conocimiento directo de la acción de la selección artificial. En este dibujo, la *Columba livia*, o paloma bravía, está rodeada por distintas palomas criadas por el hombre. Cuando las palomas domésticas se escapan y forman bandadas sueltas en las ciudades, se entrecruzan libremente y presentan una marcada tendencia a revertir al "tipo original". En su artículo de 1858, Wallace sostiene que en la naturaleza, los animales no necesariamente revierten a la condición ancestral, algo que sí ocurre con los animales domésticos, como es el caso de las palomas.



La única ilustración de *El origen de las especies.* A lo largo del texto, Darwin recurre varias veces a esta figura para ejemplificar el resultado esperado de la "descendencia con modificación" desde el punto de vista de la taxonomía, la anatomía comparada, la embriología y los linajes que se producen a lo largo del tiempo geológico mediante el proceso evolutivo.

a la historia del resurgimiento de las ideas de Darwin en las décadas de 1930 y 1940. Los trabajos de Fisher, Haldane y Wright constituyeron la primera etapa de la nueva síntesis (que se conoce como "síntesis moderna"): el resurgimiento de la selección natural, articulada con lo que se sabía hasta el momento acerca de la herencia. La segunda fase consistió en reinsertar cuestiones de historia natural en el discurso evolucionista. Si bien es cierto que muchas de las afirmaciones fueron del tipo de las enunciadas por Darwin –que los hechos de la botánica, la embriología, etc. concuerdan con la visión darwiniana de la evolución por medio de la selección natural–, algunos aspectos importantes relacionados con la naturaleza de los procesos evolutivos surgieron en esta fase.

El más sobresaliente de esos aspectos es, en mi opinión, la importancia del aislamiento y el papel que juega en la generación y la con-

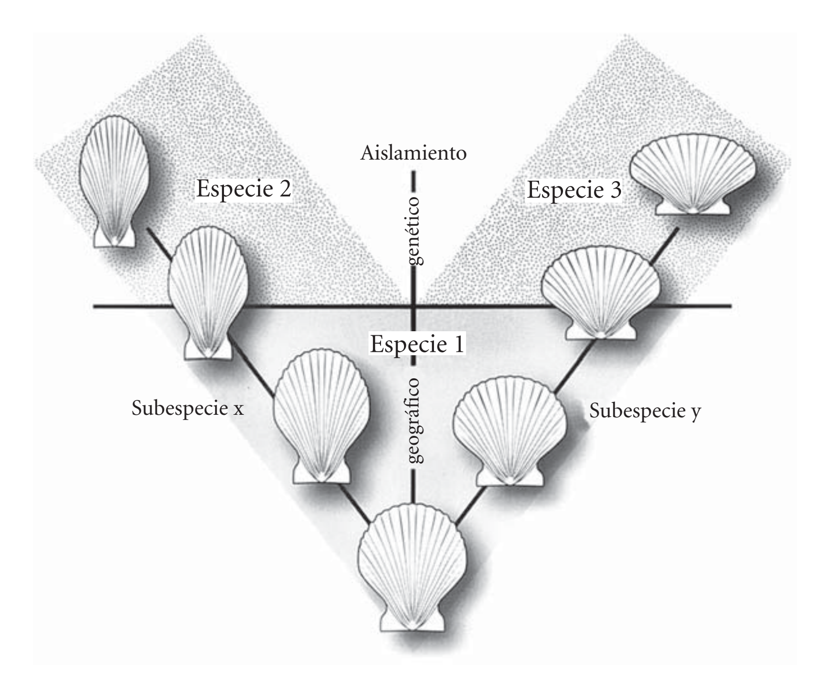
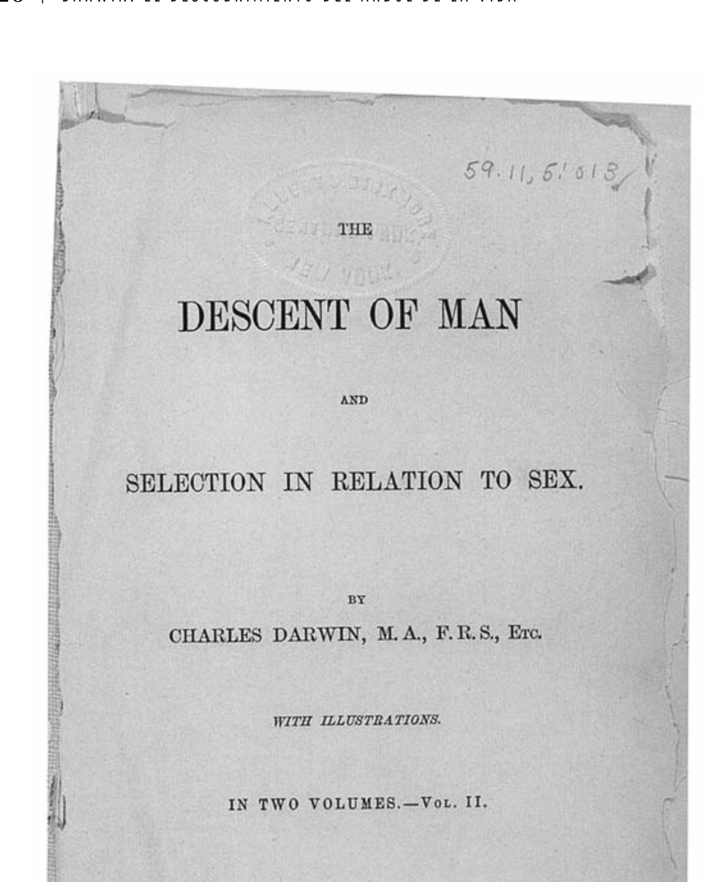


Gráfico que ilustra la evolución gradual divergente de dos especies con un mismo antecesor. Para la época en que escribió *El origen de las especies*, Darwin pensaba que, si bien el aislamiento era importante en la evolución, los extensos territorios de los continentes (o los océanos) tenían una importancia mayor. La evolución gradual divergente fue la gran protagonista del pensamiento de Darwin, aquí reflejada fielmente en un diagrama adaptado de un texto clásico de la paleontología de mediados del siglo xx. La cantidad de ejemplos para este modelo evolutivo es sumamente infrecuente en el registro fósil (casi nulo, podría decirse), pero prueba la influencia que tuvo Darwin en la biología evolutiva en general y en la paleontología en particular, cuyos datos, en realidad, no se condicen con la noción de una evolución divergente lenta, gradual y progresiva.

servación del cambio genético adaptativo durante el surgimiento de especies nuevas, que volvían a concebirse como comunidades reproductivas, es decir, "paquetes" de información genética. Eso se lo debemos al genetista Theodosius Dobzhansky, cuyo trabajo fue continuado por Ernst Mayr, especialista en sistemática.

Dobzhansky se formó como biólogo sistemático en su Rusia natal. Llegó a Nueva York en la década de 1920 con el propósito de trabajar en el laboratorio de genética de la Universidad de Colum-



THE

DESCENT OF MAN

AND

SELECTION IN RELATION TO SEX.

BY

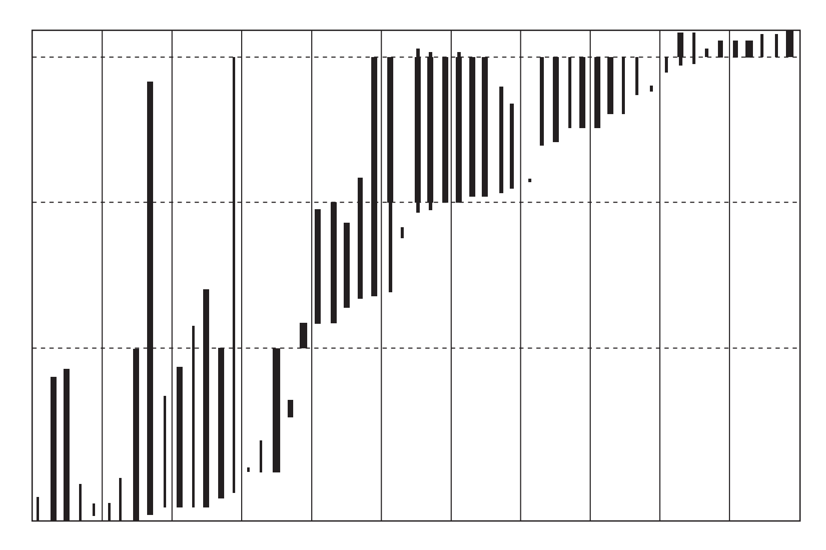
CHARLES DARWIN, M. A., F. R. S., Etc.

WITH ILLUSTRATIONS.

IN TWO VOLUMES.—Vol. II.

NEW YORK:
D. APPLETON AND COMPANY,
549 & 551 BROADWAY.
1871.

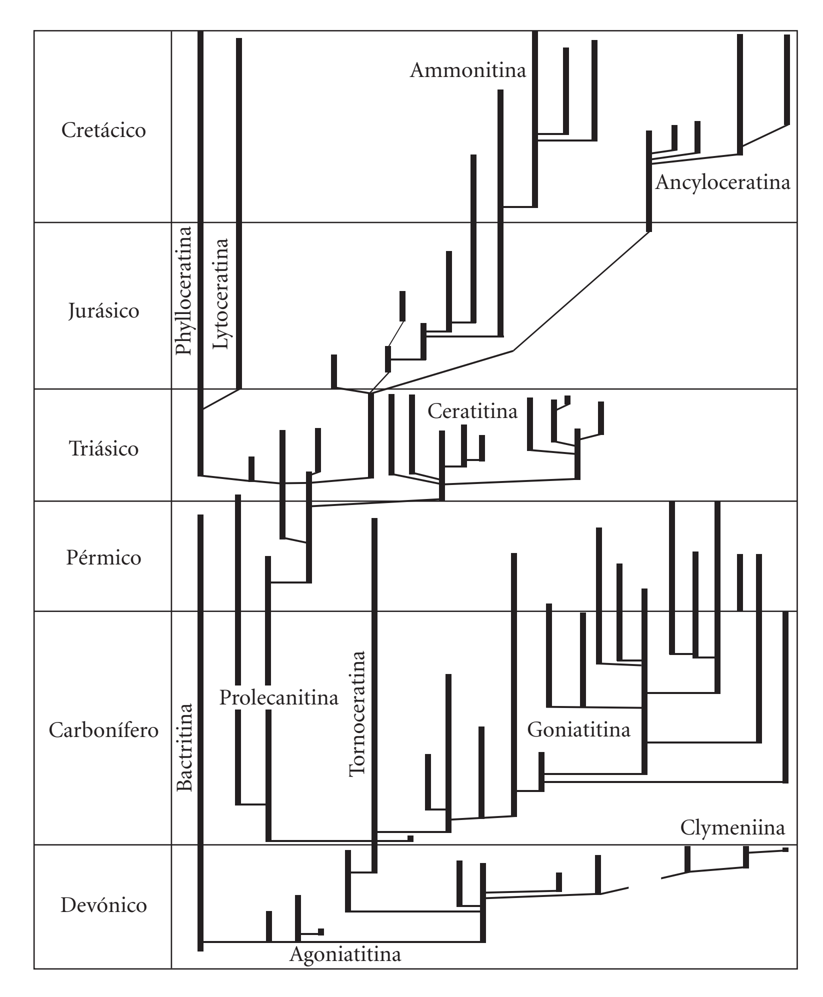
Portada del último gran libro de Darwin dedicado exclusivamente al proceso evolutivo. Publicado originariamente en 1871, su título en español es *El origen del hombre y la selección en relación al sexo*. Aunque a fines de la década de 1830 Darwin había llegado a la conclusión de que el hombre había evolucionado junto con el resto de los seres vivos, sólo aludió a la evolución del hombre al final de *El origen de las especies*, publicado en 1859, de modo que dejó la tarea de escribir sobre el tema para más adelante.



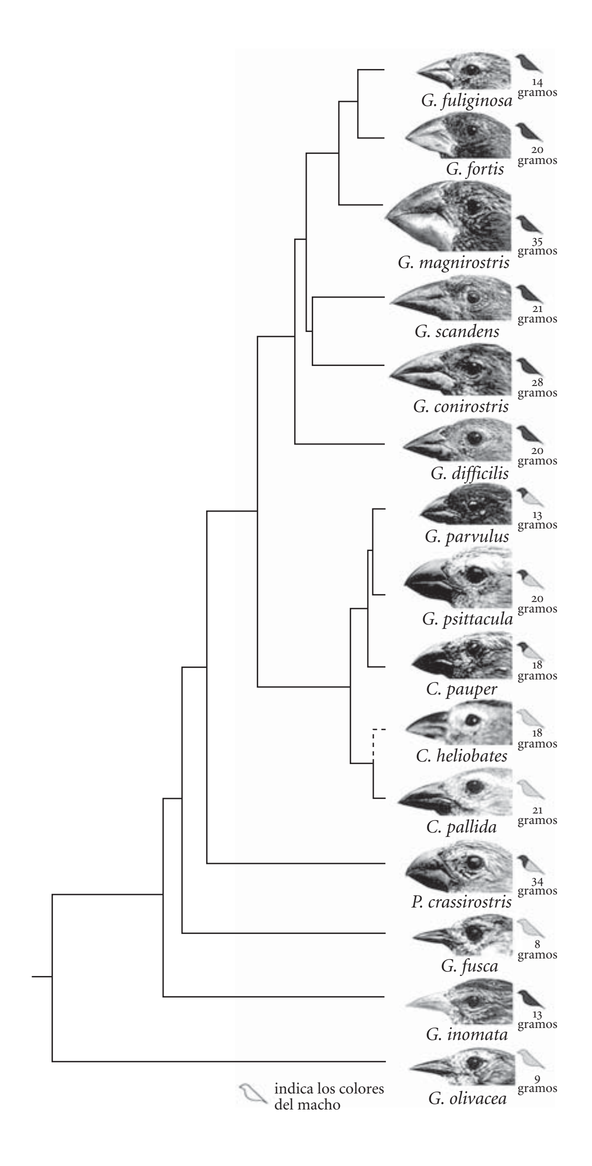
“Recambios” evolutivos. Existe un espectro de severidad de las alteraciones y el colapso ecológico, que abarca desde eventos locales con cambio evolutivo apenas discernible hasta las cinco extinciones en masa que alteraron considerablemente el carácter de la vida en la Tierra mediante extinción y recuperación evolutiva. El nivel regional de mediano alcance, en el que se extinguen especies enteras y nuevas especies ocupan su lugar, ha ocurrido en miles de oportunidades desde el establecimiento de formas de vida compleja, hace unos quinientos millones de años. La mayor parte del cambio evolutivo en la historia de la vida parece centrarse en ese tipo de eventos. En el diagrama que se muestra aquí –una adaptación del trabajo de la paleontóloga Susan Longacre– se observa una secuencia de recambios de trilobites y otras especies en América del Norte durante el cámbrico superior. Cada línea vertical representa la historia de una única especie.

bia, fundado por Thomas Hunt Morgan, que ya en esa época gozaba de una gran reputación. Dobzhansky siempre creyó que los resultados de los experimentos en relación con la mutación y la selección (por ejemplo, los de las moscas de la fruta) tenían que validarse en poblaciones naturales, y por eso le dedicó mucho tiempo al trabajo de campo.

Como a Darwin, le llamaron la atención las nítidas diferencias que existían entre especies que habitaban el mismo territorio. Pero también se sorprendió con las discontinuidades que había entre especies que se sustituían o se superponían un poco en el espacio, como las dos especies de ñandúes sudamericanos. Llegó a la conclusión



Esquema de los rasgos principales de la historia evolutiva de los amonites, un importante grupo de moluscos cefalópodos extinguidos. Los amonites sobrevivieron a tres eventos de extinción en masa, en los últimos tramos del devónico, el pérmico y el triásico, y finalmente se extinguieron a fines del cretácico, época conocida porque entonces también desaparecieron los dinosaurios, entre otros grupos de animales. En cada una de las extinciones en masa desaparecieron los grupos de amonites dominantes, los de mayor diversidad. Sólo sobrevivían unos pocos linajes menores, uno de los cuales se diversificaba enormemente hasta la siguiente extinción en masa. Este proceso se repitió una y otra vez.



Historia evolutiva y radiación adaptativa de los pinzones de las Galápagos. El diagrama es una actualización de la primera ilustración, de John Gould, publicada por Darwin en la segunda edición de *El viaje del "Beagle"*. Este análisis moderno, realizado por Peter y Rosemary Grant, es el producto de años de trabajo de campo, observaciones y mediciones de laboratorio y aplicación de técnicas de análisis genético.

de que la teoría de Darwin, que ponía el acento en la continuidad, estaba muy bien, pero no se ocupaba de las discontinuidades entre especies, fenómeno que Darwin había descartado por considerarlo un defecto, no de muestreo, como el registro fósil, sino debido a que las especies intermedias habían sido víctimas de la extinción y ya no estaban allí para llenar las lagunillas.

Dobzhansky, en cambio, pensaba que tenía que haber una razón evolutiva que permitiera dar cuenta de las discontinuidades entre especies cercanas. Su razonamiento fue que dentro de una especie hay una cantidad de variación óptima que idealmente está presente en la especie y una suerte de equilibrio entre la acción de la selección con el fin de fijar las especies en los picos adaptativos de Wright (proceso por medio del cual se elimina la variación superflua y se maximiza la capacidad de adaptación de todos los individuos de la especie) y la necesidad de conservar la variación para que siga habiendo evolución cuando cambian las condiciones del medio, por ejemplo. Así, el aislamiento es necesario para preservar los focos de adaptación, una idea similar a las de Darwin respecto de la importancia del aislamiento para la preservación de las adaptaciones. Las especies intermedias, pensaba Dobzhansky, estaban atrapadas en una tierra de nadie y ponían en peligro la integridad de las adaptaciones focalizadas de especies muy cercanas pero que habían seguido caminos adaptativos diferentes.

Dobzhansky se dedicó a encontrar mecanismos anteriores y posteriores al apareamiento que contribuyeran al aislamiento y, con ello, a la formación de una especie aislada desde el punto de vista reproductivo. Mayr introdujo modificaciones en el trabajo de Dobzhansky y formuló su famosa "definición breve" de especie biológica: "Las especies son grupos de individuos que pueden aparearse entre sí y que están aislados reproductivamente de otros grupos de individuos". Mayr señala que Darwin nunca determina cuál es el origen de las especies (y hasta podría decirse que ni siquiera se ocupa realmente de ello) en el libro que, precisamente, lleva ese tema por título porque se centra en la generación masiva de cambios adaptativos por medio de la selección natural, con lo que las especies nuevas surgen como poblaciones modificadas por adaptación. Como ya ha quedado demostrado, esto no es exactamente así. Al menos

por momentos, Darwin vio con claridad la importancia del aislamiento en la generación de especies nuevas y en la preservación de adaptaciones emergentes.

Así, las especies y la especiación, en tanto temas relacionados con (pero no sinónimos de) la generación del cambio adaptativo por medio de la selección natural, volvieron a introducirse en la teoría de la evolución. Y han tenido una rica vida desde entonces, pese al retorno en algunos círculos al enfoque más estrecho de la adaptación por medio de la selección natural, en el que no se tiene en cuenta el contexto ambiental y geográfico, fundamental para entender cómo se desarrollan esos procesos en la naturaleza.

Con el tiempo, los biólogos evolutivos abandonaron la idea de Dobzhansky de que el *propósito* del aislamiento era mantener a cada especie individual fija en su pico adaptativo. La especiación ocurre por azar, casi siempre como consecuencia del aislamiento. Las poblaciones que se separan del grupo principal de una especie pueden sufrir cambios adaptativos por selección natural, siempre y cuando las circunstancias sean lo suficientemente distintas de las del resto de la especie antecesora y haya variación heredable. Tal como observa Wagner, y también Darwin, el cambio puede ser abrupto. Lo veremos también en el trabajo de Grant y Grant sobre los pinzones de Darwin. En cierta medida, es como si las poblaciones que habitan en condiciones no tan óptimas, típicas de los márgenes de la distribución geográfica de una especie, pudieran adaptarse rápidamente cuando se aíslan y transformar el hábitat marginal en óptimo gracias a que las adaptaciones las tornan aptas para vivir en ese medio.

De hecho, es esperable que las diferencias adaptativas (en línea con el principio de divergencia de Darwin) aumenten las posibilidades de supervivencia de una especie nueva en caso de que se restablezca el contacto con la especie antecesora (como suele suceder en los continentes, pero también puede ocurrir en los archipiélagos). De acuerdo con la tradición aceptada, al menos desde la década de 1940, el aislamiento reproductivo total tiene lugar como consecuencia de la acumulación de cambio genético, que, en su mayor parte, es adaptativo por naturaleza. Sin embargo, como ha señalado el genetista Hugh Paterson, lo que de verdad se necesita para que surja una especie nueva son cambios en las adaptaciones (es-

tructuras o comportamientos) puramente reproductivas de los organismos. La selección para atraer a un macho o a una hembra podría llevar a la evolución de distintas señales de apareamiento; la selección actúa para asegurar que el apareamiento se produzca. Y si, tras el aislamiento, surgen sistemas de apareamiento distintos, eso ocurre no para producir el aislamiento por alguna razón adaptativa imaginaria, sino como producto secundario accidental de la selección que pretende garantizar el éxito reproductivo continuo. Es importante hacer hincapié en estas relaciones de causa-efecto, pues encajan a la perfección con la distinción darwiniana entre selección sexual y selección natural, ignorada durante tantos años, y también con la distinción de Weismann entre soma y línea germinal.

Podemos ver que ha habido un retorno a las primeras reflexiones de Darwin acerca del paralelo entre especies e individuos. Ya en el Cuaderno Rojo, Darwin conjetura que, así como los individuos nacen, tienen una historia y mueren, lo mismo les ocurre a las especies. Después de todo, las especies se extinguen, y su presencia en el planeta tiene una duración determinada. ¿No sería lógico pensar, entonces, que también atraviesan un proceso natural de "nacimiento"? En esa época, Darwin jugaba con la idea de un origen de las especies *per saltum* y pensaba también que las especies podían tener una duración intrínseca, que la extinción, como la muerte de los individuos, podría reflejar un proceso interno, inherente, de senectud y muerte. Después, como ya sabemos, no sólo dejó de lado la noción de origen *per saltum*, sino que además concibió la extinción en términos de una lucha por la continuidad de la existencia entre las especies más antiguas y sus descendientes, mejor adaptados. Como veremos en los próximos párrafos, la mayoría de los biólogos concuerda hoy con que la extinción de una especie es producto de la pérdida y la destrucción del hábitat que le es propio: los cambios en el medio físico (naturales o antropogénicos, como los de la actualidad) son la principal causa de extinción.

No obstante, la concepción de las especies como individuos, sin su cuota extra de longevidad intrínseca, si bien permite reconocer que, como los organismos, éstas tienen un origen, una historia y una muerte (extinción), ha dado pie a un acalorado debate sobre el papel que la generación y la supervivencia diferencial de las especies

puede haber tenido en el surgimiento de los grandes patrones que se observan en la historia de la vida. Ese debate también empezó con Darwin, quien defendió la idea de que los patrones de cambio evolutivo de largo plazo son consecuencia de procesos de selección natural que afectan a una generación tras otra. Darwin vio que el aislamiento ponía a las especies en el lugar de actores independientes en el teatro de la evolución. De ahí que el subtítulo de su libro más famoso fuese *O la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*.

Hay algo interesante en la posibilidad de que la generación y la supervivencia diferencial de una especie entera dentro de un linaje tengan algo que ver con el origen de los patrones de la evolución, patrones que no podrían surgir a partir de la acción de la selección natural dentro de una única especie, como postula Darwin. Tomemos, por ejemplo, la emergencia de tendencias evolutivas: con sólo observar a nuestros parientes más cercanos entre los simios, y en particular por el registro fósil de la evolución humana de los últimos cinco millones de años, sabemos que el tamaño del cerebro ha aumentado considerablemente en relación con el del cuerpo a lo largo de la evolución del linaje humano. Podríamos imaginarnos cómo operó la selección en ese sentido (aunque la relación exacta entre el tamaño del cerebro y la inteligencia todavía no se ha terminado de desentrañar). Sin embargo, también se observa estasis dentro de las especies fósiles de humanos. Si el tamaño del cerebro no aumenta gradualmente dentro de la historia de las especies individuales de homínidos (a veces muy largas), ¿cómo podemos dar cuenta del incremento neto –de 4,5 mililitros a 14 mililitros o más–? El aumento de tamaño parece estar relacionado con el origen de una nueve especie de homínidos. Y, si bien no hay evidencia de que el tamaño del cerebro se haya *reducido* nunca en la historia evolutiva del hombre (aunque el reciente hallazgo del *Homo floresiensis*, con su cerebro diminuto, indica que podría haber habido al menos una reducción dentro de la tendencia general al aumento), por momentos se mantuvo estable con el origen de nuevas especies. De todos modos, la tendencia general ha sido la de un aumento del tamaño del cerebro. Las especies con cerebros más pequeños se extinguieron; este patrón de supervivencia diferencial podría concordar con

la explicación preferida por Darwin para dar cuenta de la extinción en general.

Algunos biólogos han denominado a esos patrones "selección de especies". Más allá de la denominación, la cuestión es ver cuál es la analogía exacta con la selección natural. Lo cierto es que la concepción de las especies como individuos ha ampliado el alcance de la teoría de los procesos evolutivos. Eso sólo puede ser un giro positivo, en el que se vuelve a dar cabida (por fin) a los patrones observados en la naturaleza, que introducen otros procesos con un papel importante en el desarrollo de la historia de la evolución. Es probable que muchas de estas ideas más nuevas se abandonen con el paso del tiempo y el incremento del conocimiento, pero es bueno ver que se hace lugar a la sugerencia de Simpson de dejar que la naturaleza venga a nosotros: permitir que emerjan los patrones de la historia evolutiva para poder pensar y evaluar más posibilidades teóricas, que nos acerquen a una comprensión cabal de los procesos evolutivos.

El regreso de Cuvier

Darwin no se equivocó en sus predicciones acerca del patrón general del registro fósil: las formas de vida más simples aparecen antes que las más complejas, y los fósiles que se hallan en el medio de secuencias muy largas de sedimentos, que corresponden a períodos verdaderamente extensos de tiempo geológico, tienen una naturaleza intermedia. En líneas muy generales, los fósiles del devónico parecen estar entre los del paleozoico inferior (del ordovícico y el silúrico, por ejemplo) y los de las capas del carbonífero y el pérmico, que vienen después. En los ciento cincuenta años posteriores a la publicación de *El origen de las especies*, el avance de la paleontología ha comprobado y respaldado esas conclusiones, sobre todo en lo que se refiere a los fósiles del precámbrico, de los que nada se sabía en tiempos de Darwin. Hoy sabemos que el registro fósil del precámbrico contiene sólo bacterias desde tres mil quinientos millones de años atrás, a las que se agregan formas de vida eucarióticas unicelulares microscópicas unos mil millones de años más tarde.[5] Las

5 Ampliaré este tema en el capítulo 6.

formas de vida multicelulares tardan otros mil quinientos millones de años en aparecer.

Darwin se puso drástico en lo tocante a dos cuestiones del registro fósil que, según le pareció, si resultaban ser ciertas, darían por tierra con su teoría. La más conocida de las dos, la estasis –la invariable estabilidad de la mayoría de las especies, desde el momento en que aparecen en el registro fósil hasta que desaparecen–, se explica fácilmente mediante una fusión de conocimientos de genética y ecología. Como ya he explicado, la estasis podría haberse deducido como predicción de los principios teóricos enunciados, como la dedujo Moritz Wagner a partir de lo que él, Darwin y muchos de sus colegas veían como la gran influencia homogeneizadora de la reproducción dentro de una especie. La estasis es una realidad empírica y, de hecho, no es sorprendente que sea así. No es un efecto de un registro fósil defectuoso ni una distorsión de ningún tipo, sino que cuadra con la visión darwiniana específica de cómo opera la selección natural, modificando especies enteras en forma gradual a través del tiempo.

El otro problema que aquejaba a Darwin no vio la luz en sus publicaciones, pero está en este comentario al ensayo de 1844: "Si de verdad las especies inundaran el mundo después de las catástrofes, mi teoría sería falsa". De hecho, eso es lo que parece indicar el registro fósil y lo que observaban los paleontólogos de la generación anterior, el más prominente de los cuales fue Cuvier, con sus sucesiones de catástrofes, seguidas de actos individuales de recreación de floras y faunas completas. Ahora podemos ver que Darwin resolvió el "misterio de los misterios" de Herschel proporcionando una visión naturalista, no creacionista, del desarrollo del cambio adaptativo y el origen de especies nuevas. ¿Cómo articular el hecho de que "las especies inundan el mundo después de las catástrofes" (un hecho muy real, por cierto) con la evolución?

El ejemplo más fácil de entender es el de las grandes extinciones masivas. Normalmente se reconocen cinco desde la explosión de la radiación evolutiva de las formas animales complejas a comienzos del cámbrico, hace unos 535 millones de años. La más importante tuvo lugar unos 245 millones de años atrás y se cobró al menos el 70 por ciento (y quizás hasta el 95 por ciento) de las especies que habitaban el planeta. La catástrofe modificó de tal modo el carácter

de la vida en la Tierra que, en la década de 1840 (es decir, bastante antes de la publicación de *El origen de las especies*), los geólogos adoptaron los términos "paleozoico" (que significa "vida antigua") parar referirse a los sedimentos y los fósiles anteriores a la extinción y "mesozoico" (que quiere decir "vida intermedia", conocido también con la denominación informal de "la Edad de los Dinosaurios") para los posteriores. Del mismo modo, la división entre el mesozoico y el "cenozoico" ("vida nueva") responde a la catástrofe que aniquiló a los dinosaurios y a una enorme cantidad de grupos de animales, plantas y microorganismos marinos y terrestres. Después de esta última extinción masiva, los mamíferos, que surgieron en la misma época que los dinosaurios durante el triásico pero constituían un grupo pequeño, general desde el punto de vista ecológico y no muy diversificado, literalmente heredaron la Tierra de la que, hasta ese momento, los dinosaurios eran amos y señores. Luego, entre unos cinco y siete millones de años más tarde, los mamíferos comenzaron a diversificarse a gran velocidad: herbívoros, carnívoros y carroñeros de todos los colores y formas. Fue como si se hubiesen distribuido de manera radial ocupando los mismos roles ecológicos que habían ocupado los dinosaurios durante los ciento cincuenta millones de años precedentes.

Ese tipo de sucesos radicales, de alcance mundial, que afectan a todas las formas de vida del planeta, son fáciles de entender: las extinciones masivas reinician el reloj evolutivo; la vida resurge a partir de lo que puede hacer la evolución con los paquetes de información genética preexistente que hayan sobrevivido a la catástrofe. Pero las catástrofes ecológicas pueden ser de distinta magnitud e intensidad y tener distintos alcances geográficos. Un huracán, por ejemplo, puede destruir casi toda una isla y producir daños mucho menores en las islas cercanas, o incluso dejarlas intactas. Cuando el daño ecológico localizado aniquila a los organismos individuales que viven en un lugar, las poblaciones se recuperan gracias al reclutamiento de individuos de zonas vecinas. Las especies son paquetes de información genética, y las semillas, las larvas o los adultos migran a la zona afectada, en general en una secuencia de etapas sucesivas hasta que (en relativamente poco tiempo) se forma algo que se parece bastante al ecosistema original.

Las alteraciones ecológicas locales seguidas de la reconstrucción del ecosistema en oleadas sucesivas implica poco cambio evolutivo observable, si bien los efectos en la variación genética de una especie pueden ser de una magnitud considerable. En el otro extremo del espectro, las extinciones masivas implican la pérdida de grupos de especies enteros (taxones superiores como el de los dinosaurios). Después de un evento masivo de estas características, la proliferación de nuevas especies es tal que se crean nuevos linajes: taxones superiores como los órdenes de carnívoros (perros, gatos, osos, etc.), artiodáctilos (ovejas, vacas, antílopes, camellos, etc.), cetáceos (ballenas y marsopas) y otros surgieron en la segunda oleada de diversificación evolutiva de los mamíferos posterior a la extinción masiva de fines del cretácico.

Así, es lógico esperar que haya ejemplos de mediana escala, entre la aniquilación total que producen las extinciones masivas y la consiguiente diversificación evolutiva, por un lado, y la degradación y la reconstrucción de un ecosistema de nivel más transitorio y local, por el otro. En ese espectro, deberíamos encontrar, específicamente, ejemplos de colapsos ecológicos regionales que trajeran aparejado algo más que la muerte de una cantidad de individuos pertenecientes a un número de especies diferentes, pero menos que las consecuencias de la extinción masiva de grandes grupos de especies. Dicho de otro modo, tiene que haber episodios en los que se pierdan muchas especies distintas que conviven en biotas regionales.

En efecto, esos episodios han ocurrido. Están representados en las divisiones más finas del tiempo geológico, muchas de las cuales se conocían y habían recibido un nombre antes de la publicación de *El origen de las especies*. Darwin hace referencia a ellas en el ensayo de 1844, donde comenta (como vimos en el capítulo anterior) que los geólogos que trabajaban en la Era Secundaria (es decir, el mesozoico) veían las cosas de ese modo pero Lyell afirmaba que las divisiones del terciario no reflejan hechos tan drásticos. Es cierto que los paleontólogos todavía discuten hasta qué punto las épocas del terciario encajan en este molde de "recambio". La respuesta parece ser que los recambios (extinción y consiguiente origen de especies que sustituyen a las extinguidas) han ocurrido en algunas de las regiones donde se encuentras rocas del terciario, no en todas.

En los últimos 535 millones de años de la historia de la vida, ha habido cientos de recambios, si no miles. Algunos paleontólogos (me incluyo en el grupo) han llegado a la conclusión de que la mayor parte de la extinción y el origen de las especies se concentra en estos episodios coordinados de extinción y consiguiente especiación, inducidos por características ambientales. Desde Darwin (y por Darwin) se ha creído que la extinción y la especiación funcionan como un reloj que no se detiene nunca: hay especies que se extinguen y especies nuevas que surgen todo el tiempo. Sin embargo, dado que el cambio ambiental suele afectar a más de una de las especies que habitan en una región determinada –en especial en el caso de los eventos que conducen a la fragmentación o el aislamiento de partes de una especie–, no debería sorprendernos que la extinción y la especiación que se producen a nivel regional ocurrieran en oleadas correlativas.

Además, hay una relación de causa-efecto entre la extinción y la evolución. Si bien Darwin pensaba que la extinción era producto de la evolución –la especie ancestral era inferior a sus descendientes y, por tanto, llevaba las de perder en la "lucha por la vida"–, hoy vemos que es exactamente al revés, pues las enseñanzas de la extinción masiva son muy claras: la extinción deja el camino libre para la diversificación evolutiva, que se produce entonces con gran rapidez. Eso ocurrió de un modo menos drástico en los cientos de recambios regionales que, de hecho, han constituido el locus de la mayor parte de la evolución desde el advenimiento de las formas de vida complejas, hace unos quinientos millones de años.

El hecho de que, en una abrumadora mayoría de los casos, el origen de las especies sea consecuencia de la extinción de otras más antiguas en oleadas regionales que afectan a los ecosistemas, ¿nos obliga a echar por la borda las ideas de Darwin, como él creía? Sólo en el sentido más estrecho. En principio, la insistencia de Darwin en la evolución gradual de las especies nuevas parece incompatible con los largos períodos de estasis de la mayoría de las especies en entornos regionales. Los cambios evolutivos adaptativos pequeños e imperceptibles se van acumulando durante millones de años, hasta que ocurre un evento ecológico inevitable (como un cambio climático) que perturba el sistema, condena a la extinción a muchas especies y desencadena la rápida evolución de otras nuevas.

El proceso en sí es absolutamente darwiniano, si bien la combinación de factores no es exactamente la que dispuso Darwin cuando, en la madurez de su teoría, puso las cartas sobre la mesa. El cambio climático de cierta magnitud altera un hábitat drásticamente, con lo que algunas especies se extinguen y las sobrevivientes quedan relegadas a los parches de territorio que sigan siendo lo suficientemente familiares para poder subsistir. Esas poblaciones se aíslan de otras de la misma especie ancestral. Y, con mucha frecuencia, el cambio adaptativo que separa a los descendientes de la especie ancestral se produce con rapidez, pues la selección natural actúa para que las poblaciones que han sobrevivido aisladas puedan adaptarse al hábitat modificado.

Los ingredientes están todos: variación heredable, selección, aislamiento. El hecho de que se concentren en oleadas de extinción y proliferación de especies sustitutas provocadas por episodios ambientales regionales no debería sorprendernos, ni nos obliga a apartarnos demasiado del pensamiento darwiniano más puro. En realidad, se trata de una nueva versión (como la que nos había invitado a hacer Simpson) de la combinación de factores evolutivos dinámicos que se ajusta mejor a los datos empíricos.

Estoy seguro de que Darwin se asombraría. Pero hay algunas cuestiones más para mencionar pues, en la actualidad, hay una buena cantidad de investigadores explorando formas de integrar lo que sabemos de la genética de los procesos de desarrollo embrionario, la función del genoma en los procesos evolutivos, con las oleadas de extinción y especiación que caracterizan la historia de la vida.[6]

¿Cómo es posible que procesos intrínsecos al genoma que podrían estar relacionados con el cambio evolutivo (e incluso con la aparición de nuevas especies) formen parte de un panorama en el que la extinción y el surgimiento de especies nuevas ocurren en forma casi simultánea en *linajes independientes* unos de otros? Vrba ha escrito mucho sobre un episodio de recambio muy importante que tuvo lugar en África hace unos dos millones y medio de años.

6 Para aspectos específicos, véanse en la bibliografía: Juergen Brosius, T. Ryan Gregory, Bruno Maresca, Jeffrey Schwartz y Elisabeth Vrba.

Ese episodio comprendió la extinción y el posterior origen de una gran variedad de especies de antílopes y otros mamíferos, y hasta pudo haber afectado a especies del linaje de los homínidos. ¿Cómo es posible que los procesos de cambio que se generan en el genoma interno de cada una de esas especies distintas, entre las que no hay conexión alguna, pasen por etapas similares más o menos al mismo tiempo?

Algunos de mis colegas sostienen que eso se debe a la acción de proteínas de choque térmico, reguladas por los famosos genes homeóticos. El cambio climático es un fenómeno físico, que implica variables físicas como la temperatura o las precipitaciones. Los genes homeóticos forman parte del aparato regulatorio que controla la expresión de los genes durante el proceso de desarrollo embrionario. A veces –como, según parece, en el caso de nuestra especie, el *Homo sapiens*, y los grandes simios, como los chimpancés– sucede que las diferencias entre especies afines no obedecen a la pequeña cantidad de genes que no tienen en común sino a la activación y la desactivación de los genes compartidos durante el desarrollo embrionario. Es posible que los componentes del genoma que son sensibles al medio se alteren en muchas especies distintas en épocas de estrés ambiental extremo.

Por el momento, son sólo conjeturas. Conjeturas del tipo de las que le gustaban a Darwin, en las que las ideas se combinan de modos novedosos en busca de explicaciones nuevas y quizá mejores para los fenómenos de la naturaleza. Todas estas ideas son falsables y pueden descartarse con el tiempo, pero es alentador ver que la genómica molecular y la biología evolutiva del desarrollo pueden aportar nuevas formas de pensar los datos paleontológicos que nos hablan de la evolución de la vida en gran escala.

Consideremos lo siguiente: si hay algo de cierto en la hipótesis de las proteínas de choque térmico, éste sería un caso en que el genoma actúa en respuesta al cambio del medio físico. Y ese tipo de alteraciones ocurren. Con la cantidad de especies que se extinguen en los episodios de recambio, las probabilidades de supervivencia de los nuevos genotipos aumentan, y quizás aumenten mucho. El resultado es el surgimiento de especies no muy distintas de la que vienen a sustituir, si bien los efectos acumulados a lo largo del tiempo

pueden ser sorprendentes. A pesar de las similitudes que existen entre ambos, el hombre y el chimpancé son muy diferentes.

Sustitución de especies en el espacio; sustitución de especies en el tiempo. Darwin utilizó el término "inosculación", con lo que incluyó el significado de "beso" y, de acuerdo con David Kohn, también el de "reorganización radical". Las especies no se van transformando gradualmente en otras a medida que se van acercando al límite geográfico que las separa. Tampoco el registro fósil muestra una transformación progresiva de una especie en la que la sustituye.

Ni la selección natural ni el patrón de sustitución (inosculación) han sido falsados. Ambos siguen siendo válidos. Si las diferencias genéticas entre dos especies afines de las cuales una sustituye a la otra en el tiempo y el espacio se reducen a los elementos reguladores que controlan la activación y la desactivación de los genes durante el proceso evolutivo, Ernst Mayr tenía razón. Quizás, después de todo, la especiación va acompañada de una revolución genética.

La biología evolutiva es una disciplina viva a comienzos del siglo XXI. Su campo abarca mucho más que lo que he presentado en este breve resumen, dedicado principalmente a marcar el derrotero de los temas fundamentales de la escritura de Darwin sobre la evolución: variación heredable, selección, aislamiento, especiación y extinción. El presente capítulo concluye con una presentación sintética de trabajos contemporáneos sobre variación, selección, especiación y la elaboración de un patrón evolutivo de gran escala que muestra lo acertado del planteo de Darwin. Los ejemplos están tomados del monumental trabajo de Peter Grant y Rosemary Grant sobre el ejemplo más pertinente que se nos pueda ocurrir: los pinzones que Darwin observó en las Galápagos.

MICROCOSMOS EVOLUTIVO: EL TRIUNFO DE CHARLES DARWIN

No es completamente cierto que Darwin no haya dicho una sola palabra acerca de "mi teoría" salvo a su círculo íntimo hasta que Wallace lo obligó a revelar sus cavilaciones, publicar en coautoría y

finalmente escribir *El origen de las especies* en un estado de terrible agitación. Ocasionalmente, dejaba caer una frase por aquí, otra por allí. La más famosa se encuentra en un pasaje sobre los pinzones de las Galápagos agregado a la edición de 1845 de *El viaje del "Beagle"* (citado en el capítulo 3).

Los investigadores de la Universidad de Princeton Peter Grant y Rosemary Grant son los últimos (y, por lejos, los más exhaustivos y exitosos) de una lista de biólogos atraídos por las Galápagos, en especial por los pinzones de Darwin (como se conoce a estas aves desde que Darwin les dedicara unas brillantes observaciones). El trabajo de Grant y Grant es muy conocido, gracias a sus propios escritos y también a los libros y los artículos de otros científicos. De todos modos, vale la pena volver a él en este breve resumen, aunque más no sea para reiterar que los principios evolutivos en cuya formulación Darwin tuvo un papel central siguen siendo válidos, puestos a prueba con los análisis y los experimentos más rigurosos, las observaciones de campo más detalladas, las mediciones más precisas, los análisis genéticos más avanzados. El trabajo de Grant y Grant condensa los excelentes resultados obtenidos por los biólogos evolutivos en las últimas décadas gracias a la aplicación de principios ecológicos y el uso de las herramientas más avanzadas de la biología molecular.

Los Grant trabajaron en las Galápagos durante treinta años. El grueso de la investigación se realizó en la isla Daphne Mayor, que está situada a unos ocho kilómetros de su vecina más cercana. Lo que estos investigadores hicieron es lo que recomendaba Theodosius Dobzhansky: documentar y analizar en la naturaleza los procesos evolutivos observados en el laboratorio. El producto es la comprobación más exhaustiva de la selección natural en la naturaleza. Los Grant comenzaron por un requisito básico: demostrar que existe variación en el tamaño corporal y en el tamaño y la forma del pico dentro de las poblaciones de las especies locales de pinzones que habitan Daphne Mayor, y que esa variación es heredable. Para ello, midieron a los adultos y a las crías, y comprobaron que, efectivamente, el tamaño corporal y el tamaño y la forma del pico variaban, y que la variación era en gran medida heredable.

El paso siguiente fue poner a prueba la selección natural. Los Grant pasaron tantos años seguidos en las Galápagos que pudie-

ron estudiar los efectos de la sequía prolongada y los de un fenómeno contrario, El Niño, que trae consigo más precipitaciones de lo habitual. Los dos fenómenos climáticos afectan a la disponibilidad de semillas de cierto tamaño y con cierto grado de dureza. Con la sequía, abundan las semillas más grandes y duras, y eso lleva a una tasa de mortalidad mayor entre las especies de pájaros más pequeños con picos más pequeños y débiles dentro de la población local de *Geospiza fortis*, el pinzón terrestre mediano. En épocas de El Niño, ocurre lo contrario: las semillas dominantes son las pequeñas y los pájaros más grandes tienen tasas de mortalidad mayores que los más pequeños.

Así, los Grant comprobaron que la selección natural es un proceso que se da en la naturaleza, modificando las adaptaciones de los organismos, y que puede hacerlo de un modo oscilante. El tamaño y la forma del pico de los pinzones no es completamente estable, sino que sigue un patrón de oscilaciones que no parece estar dirigido hacia el cambio permanente. El Darwin de la edad madura se habría desilusionado si hubiera sabido que, durante ese período relativamente breve de treinta años (que sin embargo es un período bastante largo para un mismo equipo de investigación en un mismo campo de trabajo), no se observó la acumulación de cambios graduales.

Sin embargo, sí se observó una diferenciación adaptativa entre las trece especies de pinzones terrestres que habitan en la isla (hay una más en la isla de Cocos, 684 kilómetros al nordeste de las Galápagos). Grant y Grant documentaron todas las fases del proceso de especiación, e incluso presenciaron el establecimiento de una población reproductiva de pinzón terrestre grande en Daphne Mayor, que se había alejado del tipo ancestral mediante la adaptación a circunstancias ecológicas un poco diferentes de las de la isla de origen (Santiago) y mediante la deriva genética y los efectos de la reproducción intrapoblacional. El cambio más significativo, sin embargo, comenzó con un único macho: el canto utilizado para el apareamiento.

Los cambios en los sistemas de reconocimiento entre machos y hembras son necesarios –y a veces suficientes– para el aislamiento reproductivo total. Los Grant dan cuenta de un estudio adicional que realizaron para documentar la fase final del proceso de especiación.

Los pinzones del cactus y los pinzones terrestres medianos son especies distintas que, ocasionalmente, pueden cruzarse. Aunque son muy afines, difieren en el tamaño y la forma del pico, y en el canto que utilizan para el apareamiento. Los Grant descubrieron que la hibridación se produce cuando las hembras aprenden el canto no de sus progenitores sino de algún macho de la otra especie. La hibridación es posible sólo porque las dos especies, pese a sus diferencias, todavía son suficientemente afines desde el punto de vista genético. El estadio final de la especiación se produce cuando, más allá de los cantos equivocados, la hibridación es físicamente imposible.

En conclusión, la intuición inicial de Darwin sobre la importancia del aislamiento en las Galápagos se confirma: las nuevas especies surgen en el archipiélago cuando poblaciones de diferentes especies, por azar pero, en el largo plazo, con cierta regularidad, invaden otra isla, con condiciones ambientales algo distintas, y se produce entonces la diversificación adaptativa. Sin embargo, no necesariamente sobrevive a la reproducción con más adultos que migran provenientes de la población parental, a menos y hasta que se produzca un cambio en los sistemas de reconocimiento entre machos y hembras, es decir el canto en el caso de los pinzones.

Aun hay más. Todas las especies de pinzones terrestres descienden de un antecesor común, que hoy, gracias al análisis genético, se sabe que era un miembro de los espigueros, un grupo relacionado con los tangaras que habitan en América del Sur, América Central y el Caribe. Llegaron a las Galápagos (según revela el análisis de su ADN) hace unos dos o tres millones de años. Grant y Grant llegaron a la conclusión de que el proceso continuo de adaptación por selección en respuesta a cambios medioambientales (y el proceso de especiación por medio del aislamiento como forma de transformar en permanentes los cambios oscilantes que parecen estar ocurriendo todo el tiempo) no ha cesado durante esos dos o tres millones de años y ha dado como resultado la radiación adaptativa que observamos en los pinzones actuales.

No hay mucha evidencia que permita afirmar algo acerca del papel que jugaron la extinción y quizá también los recambios focalizados en la evolución de los pinzones de Darwin. El último evento que ocasionó recambios, un enfriamiento global ocurrido hace dos

millones y medio de años, pudo haber sido la causa de que el pinzón ancestral llegara a las Galápagos. Los Grant opinan que el ritmo de la evolución se aceleró en las últimas etapas de la historia evolutiva de estas aves, probablemente como consecuencia del aumento de la cantidad de islas y la oscilación del nivel del mar según el desplazamiento de los glaciares. No hay ninguna duda de que el medio físico ha sido la causa de la evolución de los pinzones de Darwin.

Lo más importante, sin embargo, es lo siguiente. Con la cantidad de nuevas técnicas que nos permiten estudiar la estructura genética –herramientas que permiten llegar al corazón de la variación y la selección, y reconstruir con precisión milimétrica la secuencia de los sucesos evolutivos y hasta su ubicación en el tiempo geológico–, los ingredientes del proceso evolutivo señalados por Charles Robert Darwin siguen formando la base de todas las versiones de la teoría evolutiva, incluidas las más sofisticadas. En un momento o en otro de su vida, Darwin lo vio todo. Y si la versión que adoptó de "mi teoría" –la que estaba teñida por su visión de cómo opera la selección natural en la naturaleza– se alejó demasiado de la importancia del aislamiento, el papel de la extinción o la estabilidad de las especies en el tiempo geológico, el meollo de la teoría era correcto. Hoy podemos saber mucho más que él, pero nuestra teoría de la evolución es básicamente la misma que la suya. Por eso, Darwin ocupa un lugar en el mundo científico contemporáneo que muy pocas figuras del siglo XIX han logrado conservar.

Lamentablemente, hay otros motivos por los cuales el nombre de Darwin sigue estando en boca de todos. Y esos motivos no son tan interesantes ni tan placenteros.

6
Darwin como el anticristo: el creacionismo en el siglo XXI

Para la época en que nació Darwin, en 1809, la interpretación aceptada de la Iglesia Anglicana del Génesis dominaba, en mayor o menor medida, el pensamiento inglés sobre el origen y la edad de la Tierra, de la vida y, sobre todo, de la humanidad. Las mismas ideas valían para los "hombres de ciencia" y la población en general. No sólo no existía una clase asalariada de profesionales de la ciencia y la academia, sino que la mayoría de quienes se dedicaban a la investigación científica (muchos de los cuales fueron grandes científicos) también eran hombres de la Iglesia.

Si bien es cierto que el racionalismo se abría camino en la ciencia y en ámbitos intelectuales relacionados con ella, como la filosofía, la aplicación de ese modo de pensar avanzaba "de afuera hacia adentro": era mucho más fácil aplicar la lógica fría a cuestiones tales como la gravedad (una manzana que caía era la metáfora por excelencia del tipo de interrogante que debía ser explicado) que concebir a los organismos como producto de una secuencia histórica. Pese a que hubo quienes antes de Darwin afirmaron que las distintas formas de vida estaban interconectadas, él fue el primero que vio el reemplazo de especies extinguidas por especies nuevas (el "misterio de los misterios" de Herschel) como un indicio de que la vida evoluciona. A la evidencia del registro fósil sumó la sustitución de una especie por otra "muy afín" en el espacio (los ñandúes sudamericanos) y los reemplazos en menor escala de especies muy similares en distintas islas de un mismo archipiélago, como las Malvinas y, en particular, las Galápagos (sinsontes y tortugas primero, plantas y los tan mentados pinzones más tarde). Luego, de

regreso en Londres, Darwin comprendió la importancia de las homologías anidadas del esquema jerárquico de Linneo y el patrón de desarrollo embrionario según el cual el parecido entre embriones de distintas especies aumenta a medida que disminuye el tiempo de gestación. Todos esos datos eran el equivalente en biología de lo que había sido la manzana de Newton para la física: características recurrentes que podían observarse en todas partes, a través de la historia geológica del mundo, en todas las regiones de la Tierra y en todas las formas de vida.

Sumando a ello su descubrimiento de la selección natural en 1838 y la magistral transformación de las características encontradas en predicciones a partir de la postulación de procesos evolutivos (con lo cual la evolución se volvió falsable en términos científicos contemporáneos), Darwin pudo demostrar en *El origen de las especies* que sus datos –como la manzana metafórica de Newton– podían interpretarse en un único sentido: en el de que todas las formas de vida derivaban de un único antecesor común que había habitado el planeta en un tiempo geológico remoto. Para decirlo de otro modo, Darwin demostró con absoluta certeza que la vida había evolucionado.

Como hemos visto, rápidamente sumó adeptos entre la clase de biólogos profesionales asalariados para la idea de la evolución. Como siempre ha ocurrido en la historia del pensamiento, los que se resistieron a aceptar sus argumentos fueron sobre todo quienes pertenecían a generaciones anteriores. Si la biología no ha tomado todo lo que sostuvo Darwin acerca de la evolución, todo lo que hemos aprendido sobre la base molecular de la herencia y los nuevos descubrimientos relacionados con el registro fósil y las especies existentes corroboran las afirmaciones de Darwin o encajan perfectamente como extensiones de la teoría original. Asimismo, si algunas de sus conclusiones parecen haber estado erradas (como revela mi objeción paleontológica a su descarte de los patrones de estasis, cambios rápidos y renovación del registro fósil de la historia de la vida), no han despertado las críticas letales que Darwin temió. De hecho, si se incorporan también encajan el aislamiento, la especiación y el efecto umbral del cambio físico y la extinción a su concepto de evolución. Parece una ironía que, como

se ve claramente en algunos pasajes de los cuadernos y los primeros manuscritos, Darwin haya visto la forma de resolver esos inconvenientes pero decidiera no seguir indagando esas líneas de pensamiento y, en cambio, derivar las características observadas directamente del funcionamiento de la selección natural.

En pocas palabras, el error más grueso de Darwin fue aplicar la selección natural a especies enteras en el tiempo, en analogía con la selección artificial de los campesinos, los horticultores y los ganaderos, error que se ha perpetuado hasta nuestros días en algunos ámbitos de la biología evolutiva. Y para contrarrestar esa "metida de pata" comprensible, está la abrumadora cantidad de ideas y sugerencias que nunca desarrolló por completo y cuya exploración ha llevado más de un siglo de pensamiento evolucionista. Por ejemplo, el "efecto fundador" o el principio de divergencia (quizá la contribución implícita más importante), y todos los que mencionamos en nuestro recorrido por el Cuaderno Rojo, los Cuadernos de la Transmutación, el *Sketch* de 1842 y el ensayo de 1844.

Como hemos mencionado, en años posteriores y, especialmente, en su autobiografía, Darwin confiesa que estaba tan fascinado con la selección natural que empezó a verla como "mi teoría" cuando, en realidad, como él mismo reconoce también, su tarea más importante, su verdadera hazaña, fue convencer al mundo intelectual de la existencia de la evolución. Eso lo ha hecho con maestría, trascendiendo el ámbito de los biólogos profesionales y sus discípulos y mostrando a los pensadores de distintas disciplinas que la evolución era, en esencia, una idea acertada. Y el público al que llegó Darwin incluyó a muchas personas religiosas, al menos a muchos creyentes de la religión judeo-cristiana tal como se la entendía y practicaba en Europa y sus colonias, incluidos los Estados Unidos.

Hoy en día, la mayoría de los protestantes, los católicos y los judíos del mundo no tienen objeciones para el concepto de evolución. De hecho, en su vida cotidiana, las personas dedican tantos minutos del día a pensar en la evolución como los que pasan reflexionando sobre la tectónica de placas, la mecánica cuántica o la relatividad, para mencionar tres de las otras grandes teorías científicas posteriores a 1859 que han llegado hasta nosotros. Dentro de la doctrina judeocristiana dominante, la actitud habitual es la de

"dar al César lo que es del César y a Dios lo que es de Dios". Así, quienes adscriben a una visión religiosa "moderada" (sin intención de poner en entredicho el verdadero sentimiento religioso; sólo me refiero a los menos dogmáticos y extremistas dentro del espectro de creencias judeocristianas) ubican la cosmología científica –el origen y la historia del universo, el sistema solar, el planeta Tierra y la vida, incluidos los seres humanos– dentro del campo de la ciencia. Desde este punto de vista, las dos cosmologías y media que aparecen en el Génesis interesan por lo que revelan acerca de las ideas que sobre esos temas tenían los campesinos del Oriente Medio de hace unos seis mil años, pero no deben interpretarse como relatos literales de lo que verdaderamente ocurrió.

La doctrina del Vaticano y las enseñanzas de la mayoría de los seminarios teológicos protestantes y judíos han adoptado esa postura desde que Darwin dio a conocer sus revolucionarias ideas. Según esta perspectiva, la religión y la ciencia pertenecen a dominios separados: mientras que la ciencia se ocupa del contenido material del universo y la interacción entre sus partes, la religión se encarga de las cuestiones espirituales. Se trata de una postura adoptada no sólo por muchas personas de fe sino también por muchos científicos. Tal era el caso de mi colega Stephen Jay Gould, que veía la ciencia y la religión como "dos autoridades cuyas jurisdicciones no se superponen".

Hay quienes han pretendido llegar un poco más lejos y reconciliar la visión científica con la religiosa. Una estrategia muy utilizada, por ejemplo, ha sido la de interpretar metafóricamente los días del Génesis para hacer coincidir la historia de la Creación con el tiempo geológico. Sin embargo, ese tipo de intentos, por más reconfortantes que sean a nivel personal, inevitablemente presentan dificultades intelectuales: su larga historia anterior a Darwin muestra que hay tantas formas de entender la apologética en términos científicos como apologetas, y ninguna resiste el análisis si se llevan las analogías entre los días de la creación y las eras geológicas un ápice más allá de las metáforas más simples y menos rigurosas.

Los protestantes evangelistas y fundamentalistas han estado siempre a la vanguardia del infatigable ejército creacionista. Sin embargo, en los Estados Unidos, la doctrina y la práctica judeocristianas se

han vuelto cada vez más conservadoras, sobre todo a comienzos del siglo XXI, cuando se reorganiza la lucha entre el mundo occidental y el islam, donde se concentra la resistencia organizada, armada y financiada contra la globalización. Gran parte del giro a la derecha en política ha ido de la mano de una profundización de posturas y "valores" más conservadores y fundamentalistas.

Los creacionistas descargan más su ira –si tal cosa fuera posible– contra los teístas evolucionistas –que ven una desconexión entre la Biblia y la ciencia pero intentan establecer relaciones con las metáforas de la primera– que contra los científicos, para quienes o bien la ciencia no puede abordar lo sobrenatural por medio de sus procedimientos o bien existe un conflicto inherente entre la ciencia y la religión que no puede resolverse sino por la aceptación de una u otra.

En mi opinión, el creacionismo sigue existiendo por dos motivos. El primero es que muchas personas de fe consideran que los contenidos de la Biblia deben ser verdaderos en todo sentido y, por lo tanto, poner en cuestión *cualquier* oración que aparezca en ella es dudar de la veracidad del documento entero. Desde esta perspectiva fundamentalista, la fe se apoya en la absoluta exactitud de la Biblia.

El segundo motivo, más sutil, es la opinión de que los fundamentos morales de la conducta humana dependen de lo que pensamos sobre quiénes somos y, a su vez, quiénes somos depende en gran medida de cómo llegamos a ser lo que somos. Si hemos sido creados a imagen y semejanza de Dios, entonces podemos aspirar a ser como Él y comportarnos como seres morales. Si, en cambio, "el hombre desciende del mono", no hay diferencia entre los seres humanos y el resto de la creación, y entonces no hay razón para esperar que los hombres tengan moral (aunque cuesta imaginarse qué pueden tener de inmoral los monos, a los que quizá ni siquiera habría que considerar amorales). Siguiendo esa línea de pensamiento, el que la ética, la moral y las leyes que gobiernan nuestra conducta social sean necesarias sencillamente para que las sociedades de nuestra especie de individuos sensibles y sociales funcionen es una posibilidad que ni siquiera se contempla.

Puede haber más factores que alimenten la vigencia del creacionismo. Sin embargo, sea cual fuere la justificación aducida, el crea-

cionismo no es una empresa intelectual válida en el sentido en que lo era en la época de Darwin, cuando las mentes más brillantes de Inglaterra y de otras partes del mundo (incluido el propio Charles) adherían a la cosmovisión creacionista porque les resultaba satisfactoria y convincente desde el punto de vista intelectual. El hecho de que, en los Estados Unidos y también en otros sitios, las batallas del creacionismo se libren en el terreno político –en particular, que adopten la forma de intentos por modificar la enseñanza de la biología, junto con otros componentes de los planes de estudio que se consideran contrapuestos a los "valores" del cristianismo fundamentalista– parecería indicar que el creacionismo oculta una dimensión política. Los creacionistas libran una lucha sin cuartel por la mente y el espíritu de los jóvenes.

Milagrosamente, pero gracias a Dios, los Estados Unidos siguen estando a la vanguardia o cerca de las primeras filas de la investigación científica mundial. Sin embargo, los intentos por conservar una posición de privilegio en el mundo científico se ven coartados por los creacionistas, que aseguran que sólo pretenden que se dediquen los mismos recursos a una teoría igualmente válida (cuya última versión se denomina "diseño inteligente") cuando en realidad lo que quieren es que su versión de la verdad religiosa se enseñe en el ámbito de la escuela pública. Nuestra capacidad de producir científicos se ve afectada por sus iniciativas. Peor aun, corremos el peligro de tener un electorado mucho más analfabeto en materia científica que en el pasado, justo en una época en la que tantas cuestiones políticas (como la investigación en células madre) requieren la opinión juiciosa de una nación informada.

Coincido con los científicos que creen que la ciencia se ocupa de estudiar la naturaleza del mundo material. Entre sus procedimientos se incluye la captación intuitiva, inductiva de la esencia de un problema. Así se formulan las preguntas, las hipótesis y las teorías. En ese sentido, la ciencia es como cualquier otra aventura humana creativa. Pero luego (y éste es un "pero" con todas las letras) la ciencia elabora predicciones acerca de lo que esperaríamos observar si una hipótesis fuese verdadera. El hecho de que las consecuencias que se predicen a partir de una proposición se observen no prueba que ésta sea verdadera, pero el no observar el re-

sultado esperado de una idea científica pone en cuestión la idea, o incluso conduce a su falsación.

Tendremos que estar por siempre agradecidos a Darwin por haber hecho precisamente eso con su idea de la evolución por medio de la selección natural: convertir los patrones intuitivos que lo llevaron a postular la existencia de la evolución en consecuencias naturales (esperables) de lo que debería observarse si la teoría de la evolución fuese verdadera. La evolución es, entonces, una noción falsable. Se la ha puesto a prueba una y otra vez: cuando se estudia la resistencia a una droga en medicina; cuando se llevan a cabo experimentos matemáticos o de laboratorio para analizar patrones de estabilidad y cambio de la información genética en pequeña escala; cuando un paleontólogo documenta la relación entre extinción y evolución para un solo linaje (el "misterio de los misterios" de Herschel) o para reemplazos regionales o mundiales de especies; cuando un taxónomo encuentra una especie nueva y la ubica en el diagrama de relaciones entre especies conocidas; cuando la genética determina la secuencia de ADN de una especie y encuentra similitudes con el ADN de otra especie con la que, según las predicciones, aquélla debía estar emparentada; y así sucesivamente. Cuando una teoría se pone a prueba continuamente, día tras día, en investigaciones de campos tan diversos durante ciento cincuenta años, sigue siendo cierto que, en un sentido lógico y misterioso, no se puede afirmar que la teoría esté probada. No obstante, el hecho de que la idea de la evolución no se haya falsado después de tantos intentos permite concluir que no se la falsará en el futuro.

Así, la teoría de la evolución cuenta con abundantes "corroboraciones". Hoy por hoy, es una teoría tan sólida como la tectónica de placas (conocida en el pasado como "deriva continental"), la mecánica cuántica, la teoría de la relatividad y muchas otras que constituyen los pilares de la ciencia contemporánea. Y tenemos que agradecer a Charles Robert Darwin no sólo el haber postulado la idea sino también el habernos legado las herramientas necesarias para captar la falsabilidad básica –y, por tanto, la naturaleza científica– de la evolución.

En sus disputas, los creacionistas –que, lo admitan o no, se basan en criterios inspirados por la religión o la política, que no la cien-

cia ni ninguna otra empresa intelectual– ponen el acento en tres predicciones que surgen de la simple noción de evolución. La primera es la de las estructuras anidadas de semejanzas que conectan entre sí a absolutamente todos los seres vivos (el "punto de clasificación" de Darwin, al que se llega al comienzo de los Cuadernos de la Transmutación). La segunda es la conclusión de Darwin sobre el registro en gran escala de la historia de la vida. Y la tercera sólo fue conocida por Darwin en carácter de predicción: el registro fósil de la evolución *humana*, respaldado y ampliado por los hallazgos recientes de la genética. Resumidas, presento a continuación las tres predicciones fundamentales:

1. *Todas las formas de vida, las fósiles y las actuales, están conectadas en un único esquema de semejanzas anidadas*. Como afirma Darwin, esto tiene que ser así "si uno ha de guiarse por mi teoría" y ya había sido descubierto por Linneo y otros biólogos que, de hecho, eran creacionistas. Si todas las formas de vida descienden de un único antepasado común, es esperable que exista un rastro de ese antepasado en todas ellas, algo que todos los seres vivos comparten y que se ha transmitido y heredado de generación en generación. Darwin no podía saber en qué consistía ese rastro; hoy sabemos qué es: las macromoléculas de la herencia, el ADN y el ARN.

A comienzos del siglo XIX nada se sabía acerca de las bacterias y fue mucho después de su descubrimiento que se observó, con ayuda del microscopio, que su única hebra de ADN no estaba protegida por un núcleo. Los microorganismos, las plantas, los hongos y los animales tienen un núcleo de doble membrana que rodea a los cromosomas. Así, los eucariotas descienden de un linaje de bacterias (procariotas)[1] y su estructura celular lleva el sello del antepasado común.

Los animales comparten secuencias genéticas con los hongos que los acercan más entre sí que a cualquiera de los dos grupos con las plantas. Y dentro del reino animal, los vertebrados comparten características de desarrollo embrionario con los equinodermos (las estrellas de mar y los erizos de mar, por ejemplo) que los convier-

1 De hecho, la bióloga Lynn Margulis ha demostrado que los eucariotas surgen de la fusión de dos linajes distintos de procariotas.

ten en especies más afines a las estrellas de mar que a los insectos o los crustáceos. La representación actual de los conjuntos anidados de rasgos compartidos (genéticos, anatómicos, embrionarios) y el diagrama de las relaciones evolutivas que se prueban con dichas semejanzas pueden verse en la página 252.

2. *La historia de la vida debería avanzar de lo simple a lo complejo y esa secuencia debería estar preservada también en el registro fósil.* Los biólogos evolutivos, desde Darwin hasta la actualidad, han afirmado que el origen de la vida y lo que ocurrió después –la evolución– son dos problemas distintos. Mientras que el origen de la vida es un problema que compete a la bioquímica y a la geoquímica, la evolución tiene que ver con la variación, la selección, la especiación y todos los otros factores a los que nos hemos referido en este libro.

Partimos del supuesto de que la vida se originó en la Tierra. Incluso si se demostrara que surgió en otra parte y de algún modo llegó a nuestro planeta, el supuesto de que se originó a partir de elementos abióticos se mantiene. Además, sea como fuere, el origen químico de la vida –la unión de los primeros aminoácidos para formar cadenas peptídicas y proteínas; la síntesis de las primeras moléculas de ARN y ADN– implicaría la existencia de las más simples estructuras biológicas, más simples incluso que cualquiera de las bacterias que conocemos. Para decirlo de otro modo, no existe la predicción de que las formas de vida más antiguas fueron elefantes o secuoyas. Tienen que haber sido bacterias o formas incluso más pequeñas y más simples. Los creacionistas, en cambio, creen que todas las formas de vida fueron creadas al mismo tiempo. Excepto el hombre, claro, que llegó un día después.

En la época de Darwin, los fósiles más antiguos conocidos eran los del sistema cámbrico de Sedgwick, hallados en Gales (Cambria) y unos pocos sitios de Escandinavia y hoy en día encontrados en distintas partes del mundo. Las rocas que se hallan debajo del sedimento cámbrico parecían carecer de toda forma fosilizada de vida. De hecho, el registro fósil de lo que se conoce como período precámbrico se ha armado en los últimos cincuenta años. Es muy extenso y, junto con lo que se sabe del desarrollo de las formas complejas de vida a lo largo de los últimos quinientos millones de años, ha permitido pintar un fresco bastante detallado de la historia de

la vida, fresco que en gran medida concuerda con la predicción de una secuencia de formas de vida que van de las más primitivas a las más desarrolladas.

La Tierra es muy antigua; tiene unos 4.650 millones de años. Algunos creacionistas (no todos) aceptan este dato de la edad de nuestro planeta. Negarlo sería negar la datación por radioactividad y con ella la física nuclear y su teoría de los átomos y la desintegración atómica. Tal como adelantan las predicciones científicas, los fósiles más antiguos corresponden a bacterias (pequeños bastones o esferas muy simples) y tienen unos 3.500 millones de años. La datación coincide con la edad de los sedimentos más antiguos en los que podrían conservarse fósiles hallados hasta hoy.

Partiendo del árbol de la vida, deberíamos predecir que el paso siguiente en la evolución sería la aparición de estructuras celulares complejas, es decir, eucariotas unicelulares. Eso es así: los eucariotas más antiguos datan de hace unos 2.200 millones de años, lo que significa que, por lo que sabemos hoy en día, las bacterias fueron las únicas formas de vida de nuestro planeta durante más de mil millones de años.

Las siguientes formas de vida en aparecer fueron los formas animales simples, pero eso no sucedió sino hasta hace unos 650 millones de años. A esas formas siguieron otras más complejas, que surgieron en lo que a los creacionistas les gusta mencionar hasta el cansancio: la explosión cámbrica. Es cierto que muchas formas más complejas de vida animal –los artrópodos, los moluscos, los anélidos, los braquiópodos, los equinodermos y los cordados– parecen haber aparecido en la misma época. Por cierto, esas formas no constituyen "toda la vida", si bien en conjunto marcan la aparición casi simultánea de muchos de los *phyla* animales más complejos.

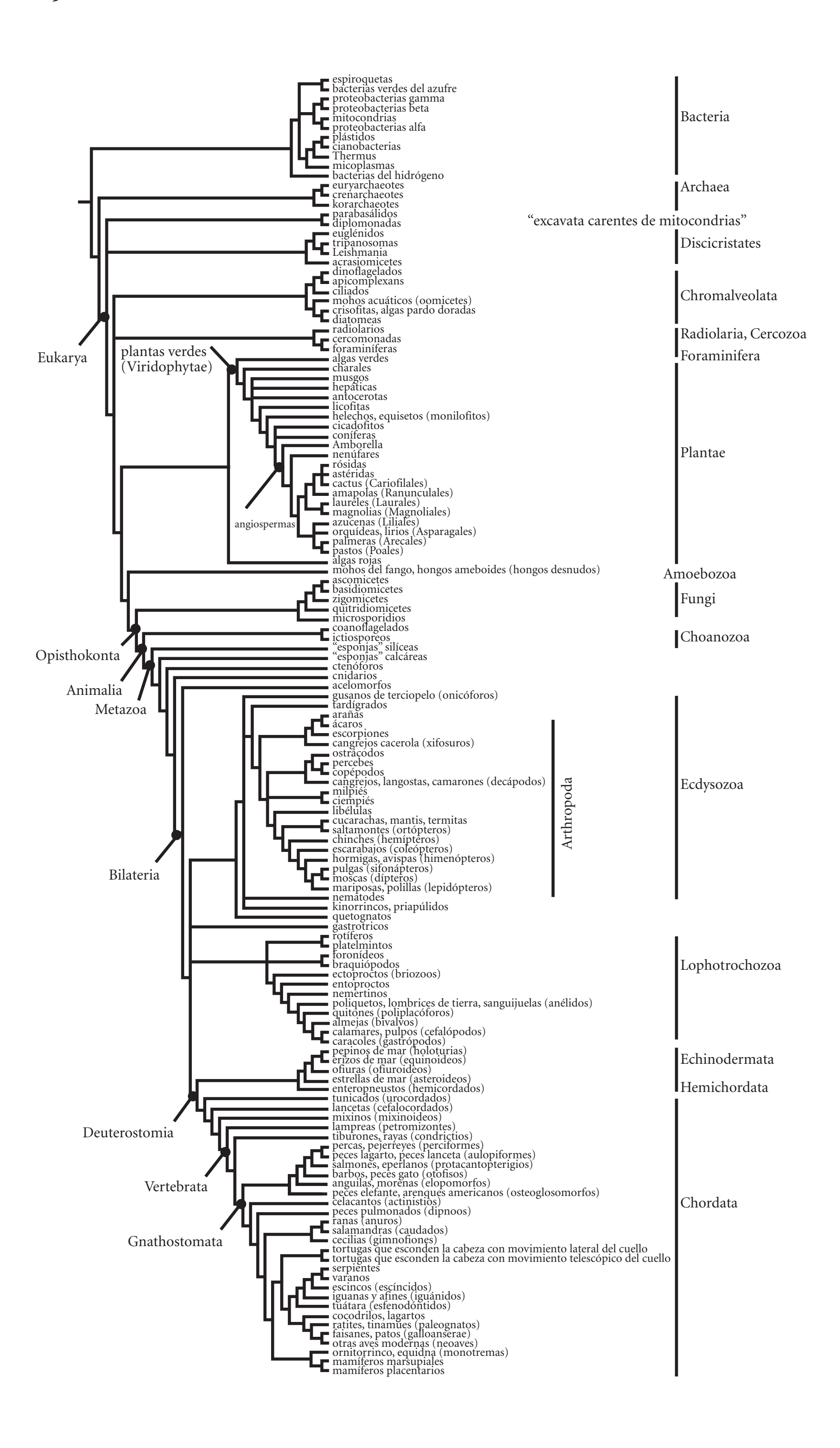
La explosión cámbrica tiene su correlato en la falta de definición de los datos genéticos y de otra índole que se utilizan en la construcción del árbol de la vida. No puede decidirse, por ejemplo, si los artrópodos son más afines a los moluscos que cualquiera de estos dos grupos al linaje de los equinodermos y cordados. Así, tenemos dos tipos de pruebas independientes que señalan la rápida diversificación evolutiva de los animales "superiores", que se supone se debió a un aumento en el contenido de oxígeno de las aguas oceánicas,

al punto tal de permitir el desarrollo de formas de vida animal complejas, multicelulares y con sistemas de órganos.

En otras palabras, la explosión cámbrica no es consuelo para la creencia en el surgimiento simultáneo de todas las formas de vida, dada la aparición secuencial de las bacterias, los eucariotas unicelulares y otras formas animales simples (como las esponjas y los corales), separadas entre sí por mil millones de años o más. Luego de la explosión, la evolución recupera su ritmo tranquilo y arroja los resultados esperados. En el caso de los vertebrados, por ejemplo, los peces aparecen antes que los anfibios, los anfibios antes que los reptiles, y los mamíferos y las aves mucho después, derivados de distintos linajes de reptiles. Los primates son un orden primitivo de mamíferos surgido durante el cretácico, cuando los dinosaurios todavía habitaban el planeta. Los simios se originaron hace unos treinta millones de años, y nuestro linaje se separó del resto de los simios hace sólo unos cinco millones de años. Nuestra especie, el *Homo sapiens*, nació en África hace unos ciento cincuenta mil años, tal como lo demuestra la evidencia tanto fósil como genético-molecular. Eso nos deja a las puertas de la tercera predicción.

3. *El registro fósil debería mostrar una progresión de homínidos que fuera desde los individuos más cercanos a los simios, de cerebro más pequeño, hasta las especies con cerebro de mayor tamaño, bípedas y capaces de fabricar herramientas, incluido el hombre. Los datos genéticos, por su parte, deberían mostrar un mayor grado de parentesco entre el hombre y los simios (como el chimpancé) que entre el hombre y cualquier otra forma de vida.* Aunque juren y perjuren que no es así, lo único que *de verdad* les importa a los creacionistas es el origen del hombre.

Darwin llegó rápidamente a la conclusión de que el hombre tuvo que haber evolucionado junto con las otras formas de vida y lo expresó a poco de iniciar sus Cuadernos de la Transmutación. Un tiempo más tarde concluyó que nuestras semejanzas nos dejaban más cerca de los simios africanos y entonces predijo que África podría haber sido la cuna de la evolución humana, predicción que se ha verificado gracias a la profusión de fósiles de homínidos recolectados en el continente africano durante los últimos cincuenta años. Sin embargo, en tiempos de Darwin poco y nada se sabía so-



espiroquetas
bacterias verdes del azufre
proteobacterias gamma
proteobacterias beta
mitocondrias
proteobacterias alfa
plástidos
cianobacterias
Thermus
micoplasmas
bacterias del hidrógeno
euryarchaeotes
crenarchaeotes
korarchaeotes
parabasálidos
diplomonadas
euglénidos
tripanosomas
Leishmania
acrasiomicetes
dinoflagelados
apicomplexans
ciliados
mohos acuáticos (oomicetes)
crisofitas, algas pardo doradas
diatomeas
radiolarios
cercomonadas
foraminíferas
algas verdes
charales
musgos
hepáticas
antocerotas
licofitas
helechos, equisetos (monilofitos)
cicadofitos
coníferas
Amborella
nenúfares
rósidas
astéridas
cactus (Cariofilales)
amapolas (Ranunculales)
laureles (Laurales)
magnolias (Magnoliales)
azucenas (Liliales)
orquídeas, lirios (Asparagales)
palmeras (Arecales)
pastos (Poales)
algas rojas
mohos del fango, hongos ameboides (hongos desnudos)
ascomicetes
basidiomicetes
zigomicetes
quitridiomicetes
microsporidios
coanoflagelados
ictiosporeos
"esponjas" silíceas
"esponjas" calcáreas
ctenóforos
cnidarios
acelomorfos
gusanos de terciopelo (onicóforos)
tardígrados
arañas
ácaros
escorpiones
cangrejos cacerola (xifosuros)
ostrácodos
percebes
copépodos
cangrejos, langostas, camarones (decápodos)
milpiés
ciempiés
libélulas
cucarachas, mantis, termitas
saltamontes (ortópteros)
chinches (hemípteros)
escarabajos (coleópteros)
hormigas, avispas (himenópteros)
pulgas (sifonápteros)
moscas (dípteros)
mariposas, polillas (lepidópteros)
nematodes
kinorrincos, priapúlidos
quetognatos
gastrotricos
rotíferos
platelmintos
foronídeos
braquiópodos
ectoproctos (briozoos)
entoproctos
nemertinos
poliquetos, lombrices de tierra, sanguijuelas (anélidos)
quitones (poliplacóforos)
almejas (bivalvos)
calamares, pulpos (cefalópodos)
caracoles (gastrópodos)
pepinos de mar (holoturias)
erizos de mar (equinoideos)
ofiuras (ofiuroideos)
estrellas de mar (asteroideos)
enteropneustos (hemicordados)
tunicados (urocordados)
lancetas (cefalocordados)
mixinos (mixinoideos)
lampreas (petromizontes)
tiburones, rayas (condrictios)
percas, pejerreyes (perciformes)
peces lagarto, peces lanceta (aulopiformes)
salmones, eperlanos (protacantopterigios)
barbos, peces gato (otofisos)
anguilas, morenas (elopomorfos)
peces elefante, arenques americanos (osteoglosomorfos)
celacantos (actinistios)
peces pulmonados (dipnoos)
ranas (anuros)
salamandras (caudados)
cecilias (gimnofiones)
tortugas que esconden la cabeza con movimiento lateral del cuello
tortugas que esconden la cabeza con movimiento telescópico del cuello
serpientes
varanos
escincos (escíncidos)
iguanas y afines (iguánidos)
tuátara (esfenodóntidos)
cocodrilos, lagartos
ratites, tinamúes (paleognatos)
faisanes, patos (galloanserae)
otras aves modernas (neoaves)
ornitorrinco, equidna (monotremas)
mamíferos marsupiales
mamíferos placentarios
Eukarya
plantas verdes (Viridophytae)
angiospermas
Opisthokonta
Animalia
Metazoa
Bilateria
Deuterostomia
Vertebrata
Gnathostomata
Arthropoda
Bacteria
Archaea
"excavata carentes de mitocondrias"
Discicristates
Chromalveolata
Radiolaria, Cercozoa
Foraminifera
Plantae
Amoebozoa
Fungi
Choanozoa
Ecdysozoa
Lophotrochozoa
Echinodermata
Hemichordata
Chordata

bre fósiles humanos y menos aun sobre similitudes genéticas entre hombres y simios.

Hoy sabemos muchísimo más. A comienzos del siglo XX, todavía contábamos con tan pocos restos de fósiles humanos que era posible alinearlos en una secuencia temporal como le habría gustado a Darwin, describiendo, tal como lo habían anticipado las predicciones de la teoría de la evolución, la progresión de especies con cerebros cada vez más grandes. Sin embargo, con el correr de la segunda mitad del siglo, se hallaron muchos más fósiles y, en especial, fósiles mucho más antiguos (de más de dos millones y medio de años), que pusieron de manifiesto que el árbol evolutivo del hombre es mucho más complejo, mucho más "frondoso", de lo que se había supuesto. Eso le habría encantado al joven Darwin, pues deja en claro el importante papel del aislamiento y la especiación (e incluso los recambios de especies) en la generación y la conservación de cambios evolutivos. El reciente hallazgo del "hombre de Flores" –aparentemente, vestigio de una especie (*Homo ergaster*) que evolucionó en las planicies africanas hace un millón ochocientos mil años y sobrevivió hasta hace nada menos que trece mil años en la isla de Flores (Indonesia)– es un claro ejemplo. El hombre de Flores ilustra la importancia del aislamiento en la generación del cambio evolutivo (en ese caso, la reducción de la altura) y la supervivencia de especies muy antiguas.

Sea un árbol o un arbusto, el diagrama en el que se plasma la evidencia fósil de la evolución humana de los últimos cinco millones de años (presentado aquí en la página 255) muestra claramente que ha habido un aumento en el tamaño del cerebro y que en algún momento aparecen el bipedismo y la fabricación de herramientas (el diagrama no muestra esto último). Una vez, un físico de una

Análisis reciente de las relaciones evolutivas de los grandes grupos de organismos vivos. En el árbol se ha recopilado el trabajo de un gran número de científicos dirigidos por el Dr. Joel Cracraft, del Museo de Ciencias Naturales de Nueva York. Cada uno de esos científicos se especializa en uno de los grupos que aparecen en el gráfico. Los datos utilizados en el árbol surgen de una combinación de información anatómica, embrionaria y genética mucho más completa que la existente en tiempos de Darwin. Así y todo, según el análisis realizado, la principal predicción de Darwin era cierta: no hay sino un único "árbol de la vida".

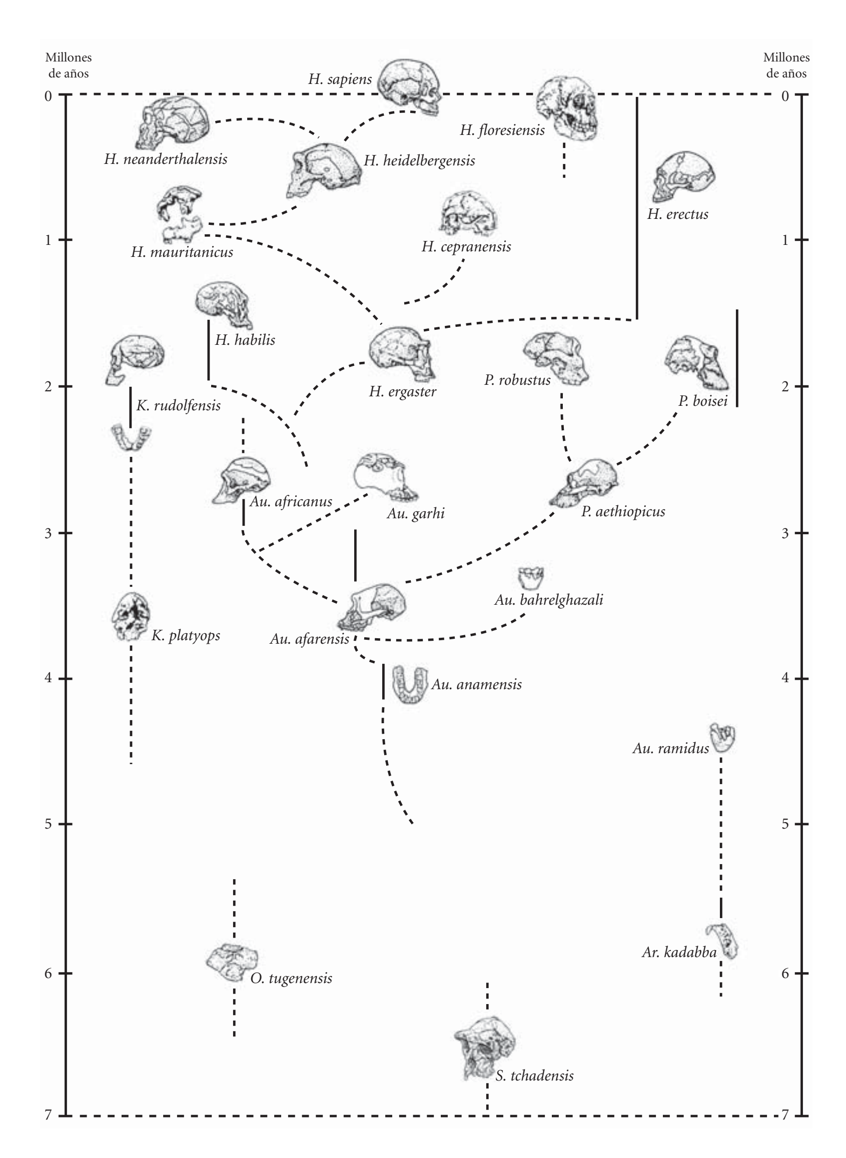
universidad cristiana conservadora me dijo que yo había "tirado a matar" al mostrar unas diapositivas de fósiles humanos ordenadas con precisión en el tiempo durante una conferencia que había dado el día anterior. El registro fósil de la evolución humana es, sin lugar a dudas, una de las dos peores pesadillas de los creacionistas.

La otra es la evidencia genética. ¿Cómo es posible pasar por alto la consecuencia obvia del fascinante hecho de que menos del dos por ciento de los genes de los chimpancés y los del hombre son distintos? Ni siquiera pueden usarse los genes no compartidos para explicar las diferencias entre las dos especies. La mejor hipótesis que hemos encontrado es que se trata de una cuestión del momento de activación y desactivación de los genes que se tienen en común durante el desarrollo embrionario y no de las mínimas diferencias genéticas en sí.

No hay formar de escapar: toda la evidencia nos coloca de lleno dentro de las filas de los simios, que son primates, mamíferos, animales, eucariotas, un segmento de *toda la vida*. Eso es lo que deberíamos esperar que sucediera si la vida hubiese evolucionado. Eso es lo que se observa. Ergo, la vida ha evolucionado. No hay dudas al respecto. Darwin tenía razón.

"DISEÑO INTELIGENTE"

Sin embargo, pese a todas las pruebas y las predicciones que confirman la validez de la evolución una y otra vez, el creacionismo vuelve a ganar popularidad, de la mano de la tendencia al conservadurismo político y religioso que se observa en muchas sociedades judeocristianas e islámicas. Hasta en Italia, donde el secularismo convivió en paz durante muchos siglos con la Iglesia Católica, ahora hay antievolucionistas en altos puestos del gobierno donde se toman las decisiones políticas. Con mucha frecuencia, se invoca el nombre de Darwin en lugar del término "evolución", más técnico, pues es más fácil organizar la resistencia en torno a una persona a la que se pueda identificar con la obra del diablo que caracterizar y refutar una teoría científica.



Análisis del registro fósil de la evolución del hombre realizado por el Dr. Ian Tattersall, del Museo de Ciencias Naturales de Nueva York. En tiempos de Darwin el conocimiento sobre fósiles humanos era exiguo. Años más tarde, y como resultado del enorme interés por explorar el registro fósil, se hallaron evidencias de casos de especiación, de diversificación de linajes, de estasis y de una tendencia –igual que en el caso de la evolución del caballo– al aumento del tamaño del cuerpo y del cerebro. Esto último es de particular relevancia para comprender la naturaleza humana.

Hubo una época en que, tanto en los Estados Unidos como en otros países, los creacionistas eran más abiertos y más honestos respecto de sus motivaciones. Las antiguas "leyes de los simios" de Tennessee y otros estados prohibían la enseñanza de toda doctrina que contradijera los dichos de la Biblia. Con el tiempo, el movimiento fracasó, pues la justicia dictaminó que se trataba de una clara violación a la Primera Enmienda de la Constitución, que prevé la separación entre la Iglesia y el Estado. Incluso así, sólo en 1968 la Corte Suprema estadounidense declaró inconstitucionales las "leyes de los simios" (incluidas las de Tennessee). El famoso juicio de Scopes, de 1925, terminó con la anulación de la condena al profesor de biología John Scopes por medio de un vericueto legal, pero el caso nunca llegó a la Corte Suprema, como esperaba el abogado de Scopes, Clarence Darrow.

En la década de 1960 se recurrió al "creacionismo científico" para esquivar las barreras de la Primera Enmienda a la enseñanza del creacionismo en el aula. La idea era plantear la mayor cantidad de objeciones posibles a la evolución como teoría científica para asegurar automáticamente la legitimidad del creacionismo como alternativa válida. El proceso judicial de 1980 contra la Ley 590 del estado de Arkansas, en la que se establecía el tratamiento equilibrado de la teoría evolutiva y la denominada "ciencia de la creación" en la enseñanza, fue el punto culminante de la defensa de esta iniciativa legal hipócrita y engañosa. Antes de fallar a favor de la querella (integrada en su totalidad por hombres de la Iglesia), el juez William Overton preguntó a uno de los testigos que habló en favor de la ley por qué se necesitaría una ley para enseñar la ciencia de la creación si de verdad fuera una ciencia. Es bueno ver que, en esa instancia, los subterfugios descarados del creacionismo no sirvieron para engañar al tribunal.

Como es de esperar, los creacionistas siguen atacando a la ciencia, afirmando que la Tierra es un planeta joven (a pesar del recelo con que algunos miran al "creacionismo de la Tierra joven") y que todas las formas de vida surgieron al mismo tiempo en grupos fijos, con variaciones dentro de cada grupo pero sin evidencia de conexiones entre grandes grupos, como los mamíferos y los reptiles. No obstante, han aprendido la lección y suelen abstenerse de enumerar, en los documentos legales, los postulados de la ciencia de la creación junto con los de la geología y la biología modernas.

La última versión de esa estrategia de lobo con piel de cordero para burlarse de la Constitución estadounidense y de los cánones de decencia básicos es una versión aun más inocente del burdo movimiento del "creacionismo científico". No hace mucho tiempo, en mi servidor de Internet aparecía una noticia cuyo título era: "Escuela ordena enseñanza de teoría evolutiva alternativa". En un escenario que, desgraciadamente, nos resulta familiar en estos días, el artículo relataba los intentos de algunos miembros del consejo escolar de una pequeña ciudad del centro sur de Pensilvania –exitosos, por cierto– de ordenar la enseñanza de esta última estratagema: el "diseño inteligente". El titular de la comisión de planes de estudio –un ferviente cristiano y creacionista confeso– se empeñaba en defender la pureza de las motivaciones del consejo, consistentes en ofrecer "una presentación equilibrada" del tema.

¿Qué es el diseño inteligente? Ni más ni menos que la resurrección del relojero de William Paley. La idea central es que los organismos son demasiado complejos para ser producto de procesos naturales. Su mera existencia, como la del reloj de Paley, presupone el trabajo artesanal de un diseñador inteligente. En un nuevo acto de hipocresía descarada, disfrazada de liberalismo, los creacionistas nos dicen, sin que se les mueva un pelo, que al postular la existencia de un diseñador inteligente no necesariamente se refieren a Dios. Su fe en la ingenuidad de sus conciudadanos no tiene límites.

Una vez más, se recurre a la complejidad de la estructura biológica como el defecto fatal de la evolución, en tanto ningún proceso azaroso podría dar origen al ojo humano y, menos aun, al cuerpo entero. Sin embargo, la evolución no es un proceso azaroso. Las mutaciones y las variaciones que se producen pueden ser "aleatorias", pero sólo en el sentido de lo que es bueno o malo para un organismo. La selección natural es un poderoso mecanismo contra el azar, un conjunto de medios naturales a través de los cuales se descartan las variantes perniciosas y se conservan las que son útiles. Es cierto que la evolución es un proceso ciego, pero no es en absoluto azaroso.

Consideremos el desarrollo de un niño sano desde que es un óvulo fecundado, una única célula microscópica. Darwin estaba muy orgulloso de haber podido vincular el desarrollo con la evolución. El proceso por el cual una única célula fecundada se convierte en un cuerpo

formado por miles de millones de células de cientos de tipos diferentes, que alguna vez había sido un misterio, ya ha tenido lugar cuando nace un niño. He aquí la complejidad ante nuestros ojos.

Gracias a la revolución de la biología molecular, hoy sabemos mucho acerca de cómo ese conjunto inicial de instrucciones genéticas contenidas en el núcleo del óvulo fecundado se va traduciendo a medida que avanza el desarrollo. El misterio empieza a disiparse a la luz de los nuevos conocimientos, obtenidos con tanto esfuerzo. El trabajo experimental nos ha enseñado que los genes pueden modificarse para alterar el resultado de un proceso de desarrollo, con lo que ha surgido la esperanza de poder curar enfermedades genéticas antes del nacimiento. Pequeños cambios en la información genética pueden alterar significativamente los resultados de los procesos de desarrollo: cómo será un niño, cómo se comportará, cuáles serán sus fortalezas y sus debilidades genéticas.

La complejidad es producto de un programa genético que puede modificarse. Así, la evolución no es ni más ni menos que la afirmación de que, a lo largo de millones y millones de años, los programas genéticos de los organismos se han alterado por medio de procesos naturales. Hemos observado esos mecanismos y ahora contamos con los medios necesarios para modificar esa información y, con ella, los caminos del desarrollo.

Nada de esto se sabía cuando nació Darwin, en 1809. Tampoco se tenía conocimiento de estas cuestiones cuando falleció, en 1882. En esa época, los naturalistas eclesiásticos, como William Paley, podían afirmar con vehemencia que el ojo humano, como un reloj, es tan complejo que se necesita un equivalente del relojero –algún tipo de inteligencia superior– para armar el ojo y todas las estructuras anatómicas. Richard Owen, contemporáneo y rival de Darwin, como la mayoría de los anatomistas de esos años, atrapados en las complejidades de los organismos que disecaban, se opuso a la evolución con argumentos de ese tipo. El propio Darwin se dejó convencer en algún momento, aunque luego se apropió en forma consciente de la evidencia que se le presentaba ante los sentidos y cambió su forma de pensar. Como afirma en sus años de madurez, la idea de que Dios estuviese todo el tiempo corrigiendo Sus errores, eliminando unas especies y creando otras cuando podría

haber hecho todo bien desde un principio deja la inteligencia del diseñador inteligente en un lugar bastante lamentable. Con lo que sabemos en la actualidad sobre el funcionamiento de la información genética y la posibilidad de modificarla, ya no necesitamos echar mano de una analogía tan extraña para explicar la complejidad de los organismos vivos.

Hay una suerte de circularidad algo fantasiosa en el concepto de diseño inteligente. Por un lado, los creacionistas usan la biología como prueba directa de que hay un diseñador inteligente detrás de la creación de la vida. Por otro lado, aunque sus ideas pretenden ser científicas (o, al menos, rigurosas), no son falsables (lo que resulta muy conveniente), en tanto no hay forma de poner a prueba lo sobrenatural utilizando las pruebas empíricas, tal como exigen las reglas básicas del método científico. Incluso si se postulara que el diseñador inteligente *no fuera* un ser sobrenatural sino un Ser del mundo real que ejerce una fuerza en la naturaleza (una fuerza que no es la selección natural), la primera línea de investigación tendría que tener por objetivo la demostración completa de la existencia de ese diseñador inteligente.

Los partidarios del diseño inteligente no quieren seguir ese camino. Aducen que la complejidad biológica que vemos a nuestro alrededor es prueba suficiente de la existencia y la actividad de un diseñador inteligente. A veces, en otro rapto de falsa modestia, presentan su historia como una "hipótesis", respaldada por tanta evidencia como la teoría de la evolución. Nuevamente la cuestión del equilibrio. Ahora bien, pese a algunos pobres intentos, inadecuados y poco conocidos, de poner a prueba la "hipótesis del diseño inteligente", la falsabilidad no es una de las prioridades de los creacionistas contemporáneos. El libro de texto que el consejo escolar de Pensilvania pretende hacer leer a los alumnos en la clase de biología es otra versión de la vieja alternativa plausible en la que están obligados a creer.

Como los defensores del diseño inteligente no han hecho un trabajo muy fino en lo que a la formulación de modos de poner a prueba su hipótesis se refiere (y como parecería que, por principio, el diseñador inteligente sólo puede conocerse a través de sus obras), he pensado en un camino prometedor para poner a prueba el meollo

del diseño inteligente. ¿Existen otros sistemas diseñados inteligentemente que podamos aprehender por medio de la experiencia sensible? Y la pregunta del millón: ¿cómo podemos comparar esos sistemas con los sistemas biológicos?

Por supuesto que esos sistemas existen. La computadora en la que estoy escribiendo este texto es un ejemplo de los miles, quizá millones, de distintos tipos de artefactos diseñados por el hombre. En suma, todos los objetos, utilitarios o no, fabricados por los homínidos en los últimos dos millones y medio de años. Para evitar el tema, espinoso para los creacionistas, de los homínidos de tiempos remotos y sus implicaciones para la evolución humana, centrémonos en los sistemas de la cultura material elaborados por el hombre en la actualidad.

La premisa es simple: si los sistemas biológicos fueran la creación de un diseñador inteligente, ¿cómo deberíamos esperar que fuesen? Si la historia de los sistemas de diseño se asemejara mucho a la de los sistemas biológicos, entonces, en la tradición más pura del quehacer científico, podríamos afirmar que, aunque no hayamos probado la existencia de un diseñador inteligente para los sistemas biológicos, tampoco hemos logrado falsarla. Por el contrario, si los sistemas biológicos y los de diseño inteligente fueran muy distintos entre sí, tendríamos derecho a dudar de la "hipótesis" del diseño inteligente en lo que respecta a su aplicación en los sistemas biológicos.

Hace tiempo me interesé por la comparación entre los patrones evolutivos de la biología y los de la cultura material como un problema con peso propio. En realidad, empecé mi carrera académica como antropólogo novato y luego me pasé al ámbito de la paleontología primero y la biología evolutiva después. De hecho, hay una tendencia reciente en ciertos círculos académicos a extrapolar técnicas de la biología evolutiva a la reconstrucción de la historia del diseño en la cultura material de las sociedades humanas ("evolución de la cultura material").

En realidad, en el pensamiento dominante se han destacado las similitudes entre los sistemas biológicos y los sistemas culturales. Aplicada a los dos tipos de sistemas, la evolución puede definirse como el destino de la información transmisible en un contexto económico determinado. Si bien los hombres siempre han advertido

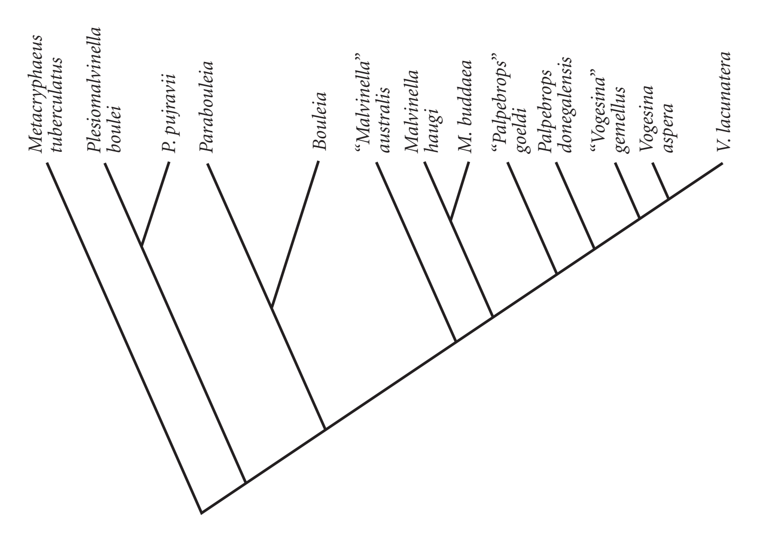
las diferencias que existen en las formas en que se transmite la información en los sistemas de uno y otro tipo (genes versus aprendizaje), los modelos simples de selección sobre la variación han dominado el análisis hasta el día de hoy. Sin embargo, así como la visión de la adaptación por medio de la selección natural lleva a una simplificación de la teoría evolutiva en biología, la reducción de la evolución del diseño a una selección ingenua de las mejores ratoneras del mercado* conduce a una simplificación de las complejidades de la evolución cultural.

La complejidad de los sistemas de la cultura material del mundo contemporáneo tiene una magnitud mucho mayor que la de cualquier sistema biológico. En sí mismo, eso no indicaría que no pudiese haber un diseñador inteligente detrás de estos últimos, pero sí implica que las semejanzas profundas entre los sistemas biológicos y los sistemas de diseño humano son mínimas. Las diferencias surgen, en su mayor parte, de dos aspectos vinculados con el origen y la transmisión de la información.

Para analizar las diferencias entre los sistemas culturales y los biológicos, he creado una base de datos sobre las cornetas de pistones: instrumentos de viento que se inventaron en 1825 y todavía se siguen fabricando. La base completa contiene diecisiete variables que permiten describir ciento veintitrés modelos de cornetas hechos por casi doscientos fabricantes. La plantilla es similar a la que usamos normalmente los biólogos para la clasificación de los organismos (en mi caso, los trilobites, grupo de artrópodos extinguidos).

Comparemos los diagramas de las páginas 262 y 263. El primero es un árbol filogenético (cladograma) elaborado a partir de datos sobre los trilobites. El diagrama muestra que, en la gran mayoría de los casos, la computadora puede localizar la especie más afín para cualquier otra, con lo cual se forma un esquema claro de ramas dicotómicas que reflejan las relaciones evolutivas (afinidades entre especies) y cómo los pares de especies se relacionan con otras especies representadas en la base de datos.

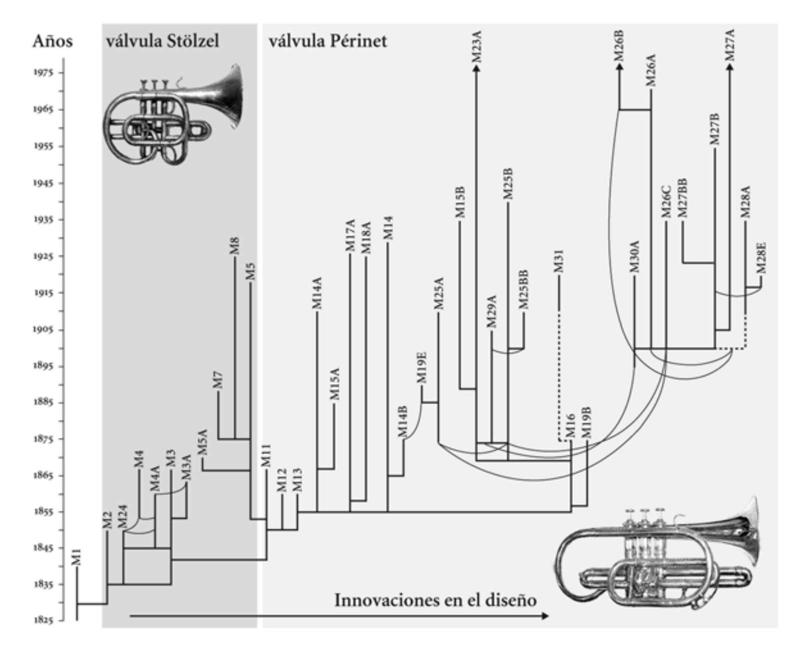
* "Construye una ratonera mejor y el mundo recorrerá el camino que conduce hasta tu puerta." Enunciado en favor de la innovación atribuido a Ralph Waldo Emerson. [N. de las T.]



Árbol filogenético o cladograma que ilustra las relaciones entre un grupo de trilobites del devónico que vivieron en el hemisferio sur. Año a año, se publican miles de diagramas similares elaborados por especialistas en sistemática que estudian las relaciones evolutivas entre fósiles y organismos modernos. En la gran mayoría de los casos es posible conocer cuáles son las especies más cercanas entre sí, hecho que aparece reflejado en el diagrama como una serie de bifurcaciones simples.

Si miramos ahora el diagrama generado a partir de los datos de las cornetas (diagrama que, por mor de claridad, toma treinta y nueve modelos básicos), veremos que el grado de definición es mucho menor. Ya no es tan fácil decir qué modelos de cornetas están más estrechamente "relacionados" entre sí. Eso se debe a que prácticamente no hay límites para las posibilidades de permutación y combinación que se derivan de los diecisiete rasgos diferentes. La información puede transmitirse "horizontalmente", es decir, entre modelos, y eso quiere decir que los inventos que surgen más tarde en la historia pueden aplicarse a modelos más viejos, con retroactividad. Nada de eso sucede en los sistemas biológicos, con la excepción de las bacterias.

Para agregar un poco más de confusión, en la historia del diseño cultural se aplica lo que he denominado "principio de Hannah" (en honor a las ideas del diseñador industrial contemporáneo Bruce Hannah, del Instituto Pratt). En biología, la evolución se da de modo



Cladograma de la historia evolutiva de las cornetas realizado utilizando las mismas técnicas que se usan para analizar la historia evolutiva biológica. Nótese la falta de resolución en las bifurcaciones simples. A diferencia de los sistemas biológicos, los sistemas diseñados con una intención definida muestran el pasaje de información entre "linajes", con lo que se crea un diagrama complejo de relaciones históricas que es muy diferente de un cladograma típico de la historia evolutiva de los seres vivos. Las diferencias entre los diagramas de los sistemas biológicos y los diseñados por el hombre ponen en cuestión la idea de "diseño inteligente", es decir, la noción de que la compleja naturaleza de los sistemas biológicos implica la existencia de un diseñador inteligente.

tal que las nuevas estructuras surgen a partir de otras viejas. Así, los miembros de los vertebrados terrestres de cuatro patas son versiones modificadas de las aletas de los peces (aletas en forma de lóbulos, no las delgadas y espinosas de los peces que vemos hoy) y las alas de las aves, los murciélagos y los reptiles voladores (pterosaurios) son producto de la modificación de las extremidades anteriores de los reptiles terrestres y los mamíferos.

No sucede lo mismo en la evolución del diseño en la cultura material, donde las versiones nuevas de un objeto antiguo muchas veces constituyen soluciones para problemas comunes inventadas con

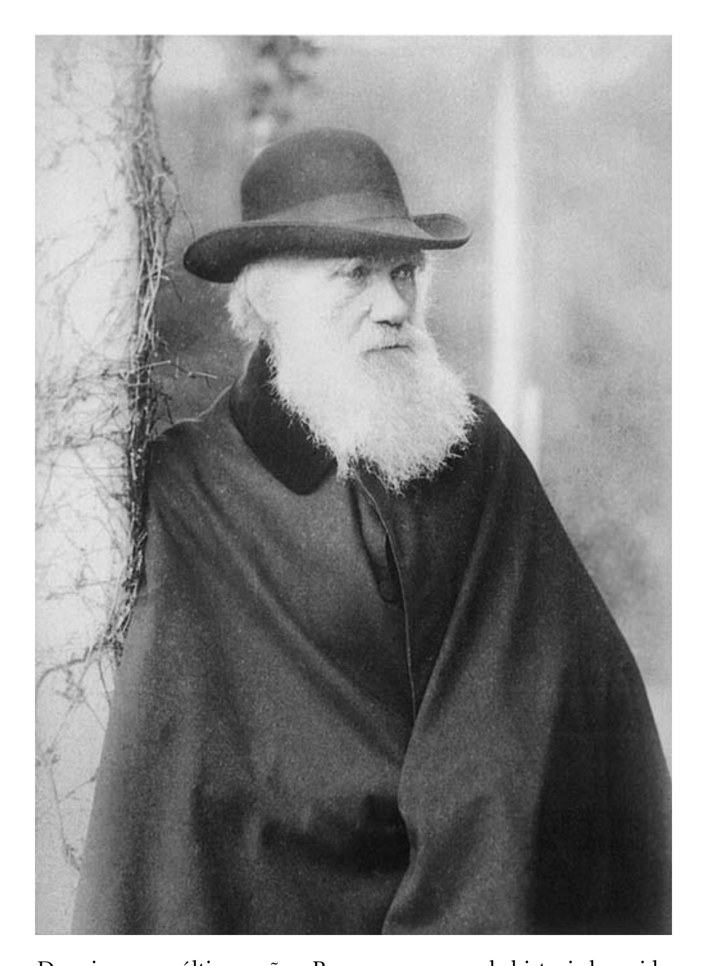
independencia unas de otras. En eso consiste el principio de Hannah. La "evolución" de la válvula de pistón Périnet (la que se usa en las cornetas y las trompetas hoy en día) es una sucesión de diseños alternativos producidos por distintos fabricantes en un mundo competitivo, en muchos casos como un intento de evitar las limitaciones impuestas por la ley de patentes. En este sentido, la evolución del diseño es totalmente distinta de la evolución biológica.

Si bien el diseñador inteligente se representa como una sola mente y no como una mezcla de fábricas que compiten entre sí y se roban ideas unas a otras, esta simple demostración de las enormes diferencias que existen entre los procesos y los resultados de la evolución en la cultura material y la biología nos permite dudar de la existencia de un diseñador inteligente para los sistemas biológicos.

Es curioso que haya habido un creacionista que dijera casi lo mismo que yo. Se trata de Gary Parker, quien en su libro *Creation: The facts of life* (1980) hace la asombrosa afirmación de que no hay conjuntos anidados de semejanzas entre las distintas formas de vida. En lugar de ese tipo de estructura, Parker propone una imagen similar a la que yo he presentado para las cornetas: la vida como un batiburrillo de rasgos sin orden alguno, como la matriz de combinaciones y permutaciones de rasgos que uno esperaría encontrar en la mente fecunda del Creador. Seguramente, Dios habría querido aplicar alguna buena idea que se le hubiese ocurrido para un conjunto de organismos a otros conjuntos. Parker niega la posibilidad de transformación de los caracteres y recurre en su lugar a la transformación lateral de la información y al principio de Hannah para el momento de la creación de la vida. Después de todo, sostiene, eso es lo que uno esperaría que hiciera un Creador omnipotente.

Justamente: eso es lo que vemos en la evolución de un sistema de diseño como el de las cornetas, pero definitivamente *no es* lo que vemos en la historia de la vida.

En fin, ya hemos tenido suficiente de creacionismo. Ya lo hemos tomado tan en serio como para formalizar una serie de comparaciones entre los sistemas de la biología y los de la cultura material que nos permitieran poner a prueba la "hipótesis" del diseño inteligente. Es una pena que el planteo todavía se reduzca a esto. Es una pena que tanta gente todavía perciba como una amenaza la idea



Darwin en sus últimos años. Pocas personas en la historia han sido tan originales, laboriosas y productivas como lo ha sido Charles Robert Darwin durante toda su vida.

de que están conectados con el universo en el sentido más fundamental posible.

Una de las cosas más interesantes que he leído sobre la vida de Charles Darwin no tiene que ver con él sino con su esposa, Emma. Recordemos que, a pesar del consejo de su padre, Darwin decidió ser franco con su prometida, su prima Emma, y confiarle las dudas que lo atribulaban en materia de religión durante la década de 1830. Después de oírlo todo, Emma no se preocupó por las dudas de

Charles sino por la perturbadora idea de lo que esas dudas implicaban para la vida eterna. La aterraba la posibilidad de no pasar la eternidad con su prometido. La medicina estaba en pañales y la vida era corta en esa época; quizás un poco más larga para la aristocracia terrateniente que para los pobres, pero corta de todos modos.

Una de las definiciones posibles de la conciencia es el conocimiento de la propia finitud. Todo el mundo sabe que nuestra especie es la única cuyos individuos son conscientes de que, tarde o temprano, van a morir. Es un precio alto para pagar por la fabulosa capacidad de ser conscientes de nuestra propia existencia y el privilegio de intentar dar sentido al mundo –y a la vida– mientras estamos en él. Como todos, Charles Darwin era temeroso en cuestiones de salud y lo aterraba la idea de su propia muerte. Sin embargo, como muchos otros hombres y mujeres, aceptó con calma y resignación el decaimiento de su salud y a la llegada de la muerte. Pese al terror que le tenía a su propia muerte y la paralización que le produjo durante veinte años el trabajo silencioso y en la sombra con sus ideas evolucionistas secretas ("como si confesara un crimen"), Darwin logró dominar sus miedos y decirle al mundo lo que pensaba y por qué pensaba así. La revolución que inició se completó en el mundo científico poco después de la publicación de *El origen de las especies*, en 1859. El hecho de que esa misma revolución sólo se haya realizado a medias en la sociedad en su conjunto no debería sorprendernos demasiado.

Ojalá todos tuviésemos el coraje de Charles Robert Darwin.

Bibliografía

CHARLES DARWIN: LIBROS, ARTÍCULOS, MANUSCRITOS PUBLICADOS Y CORRESPONDENCIA

Anónimo, *The Darwin correspondence online database*. Disponible en línea: http://www.darwinproject.ac.uk/

Barlow, N. (ed.), *Darwin's ornithological notes. Bulletin of the British Museum (Natural History) Historical Series*, vol. 2, Nº 7, 1963.

Barrett, Paul H., P. J. Gautrey, S. Herbert, D. Kohn y S. Smith (eds.), *Charles Darwin's notebooks. 1836-1844*, Ithaca, Cornell University Press, 1987.

Darwin, C. y A. R. Wallace, *Evolution by natural selection*, con prólogo de Gavin De Beer, Cambridge, Cambridge University Press, 1958 [trad. esp.: *La teoría de la evolución de las especies*, trad. de J. L. Riera Rey y F. Pardos Martínez, Barcelona, Crítica, 2006]. Contiene *Sketch*, de 1842; *Essay*, de 1844, con introducción de Francis Darwin, y el artículo en tres partes de Darwin y Wallace, "On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection".

Darwin, C., *Journal of researches into the geology and natural history of the various countries visited by H.M.S.* Beagle*, under the command of Captain FitzRoy, R.N. from 1832 to 1836*, Londres, Henry Colburn, 1839; 2ª ed., 1845 [trad. esp.: *El viaje del "Beagle"*, Barcelona, Labor, 2ª ed., 1984].

— (ed.), *Zoology of the voyage of H.M.S.* Beagle *under the command of Captain FitzRoy*, editado y supervisado por Charles Darwin. Parte 1, *Fossil mammalia*, por Richard Owen, con introducción geológica de Charles Darwin. Parte 2, *Mammalia*, por George R. Waterhouse, con una reseña de hábitos y distribución de Charles Darwin. Parte 3, *Birds*, por John Gould. Parte 4, *Fish*, por Leonard Jenyns. Parte 5, *Reptiles*, por Thomas Bell, Londres, 1839-1843 [trad. esp.: *Zoología del viaje del "Beagle"*, trad. de S. López-Roberts *et al.*, Madrid, S. A. de Promoción y Ediciones, 1995].

—, *The structure and distribution of coral reefs*. Parte 1 de *The geology of the voyage of the* Beagle, Londres, Smith, Elder & Co., 1842 [trad. esp.: *La estructura y distribución de los arrecifes de coral*, Madrid, Los libros de la catarata, 2006].

—, *Geological observations on the volcanic islands visited during the voyage of H.M.S. "Beagle"*. Parte 2 de *The geology of the voyage of the "Beagle"*, Londres, Smith, Elder & Co., 1844.

—, *Geological observations on South America*. Parte 3 de *The geology of the voyage of the "Beagle"*, Londres, Smith, Elder & Co., 1846.
—, *A monograph of the fossil Lepadidae; or, pedunculated cirripedes of Great Britain*, Londres, Palaeontographical Society, 1851.
—, *A monograph of the sub-class Cirripedia, with figures of all the species. The Lepadidae; or, pedunculated cirripedes*, Londres, Ray Society, 1851.
—, *A monograph on the fossil Balanidae and Verrucidae of Great Britain*, Londres, Palaeontographical Society, 1854.
—, *A monograph of the sub-class Cirripedia, with figures of all the species. The Balanidae (or sessile cirripedes); the Verrucidae, etc.*, Londres, Ray Society, 1854.
—, *On the origin of species by means of natural selection; or the preservation of favoured races in the struggle for life*, Londres, John Murray, 1859 [trad. esp.: *El origen de las especies*, trad. de A. Froufe, Madrid, Edaf, 1982].
—, *On the various contrivances by which British and foreign orchids are fertilised by insects*, Londres, John Murray, 1862.
—, *The variation of animals and plants under domestication*, 2 vols., Londres, John Murray, 1868.
—, *The descent of man and selection in relation to sex*, Londres, John Murray, 1871 [trad. esp.: *El origen del hombre y la selección en relación al sexo*, trad. de J. Aguirre, Madrid, Edaf, 1982].
—, *The origin of species by means of natural selection*, 6ª ed., Londres, John Murray, 1872 [trad. esp.: *El origen de las especies*, trad. de A. Froufe, Madrid, Edaf, 1982].
—, *The expression of the emotions in man and animals*, Londres, John Murray, 1872 [trad. esp.: *La expresión de las emociones en los animales y en el hombre*, trad. de R. Fernández Rodríguez, Madrid, Alianza Editorial, 1998].
—, *The movements and habits of climbing plants*, Londres, John Murray, 1875.
—, *Insectivorous plants*, Londres, John Murray, 1875; Nueva York, D. Appleton & Co., 1875.
—, *The effects of cross and self-fertilisation in the vegetable kingdom*, Londres, John Murray, 1876.
—, *The different forms of flowers on plants of the same species*, Londres, John Murray, 1877.
—, con la colaboración de Francis Darwin, *The power of movement in plants*, Londres, John Murray, 1880.
—, *The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits*, Londres, John Murray, 1881.
Darwin, F. (ed.), *The foundations of the Origin of species. Two essays in 1842 and 1844 by Charles Darwin*, Cambridge, Cambridge University Press, 1909.
—, *Charles Darwin's Autobiography. With his notes and letters depicting the growth of the origin of species*, Nueva York, H. Schuman, 1950 [trad. esp.: *Charles Darwin, Autobiografía y cartas escogidas*, trad. de A. Cohen y T. de la Torre Fornell, Madrid, Alianza, 1984].
De Beer, G. (ed.), *Darwin's notebooks on transmutation of species. Parts I-IV + Addenda and Corrigenda*, en *Bulletin of the British Museum (Natural History), Historical Series*, vol. 2, Nº 2-6, 1960-1961.
Keynes, R. (ed.), *The* Beagle *record. Selections from the pictorial records and written accounts of the voyage of H.M.S. "Beagle"*, Cambridge, Cambridge University Press, 1979.

Stauffer, R. C. (ed.), *Charles Darwin's natural selection. Being the second part of his big species book written from 1856 to 1858*, Cambridge, Cambridge University Press, 1975.
Van Whye, J., *The writings of Charles Darwin on the web*. Disponible en línea: http://pages.britishlibrary.net/charles.darwin/

LIBROS Y ARTÍCULOS SOBRE CHARLES DARWIN

Browne, J., *Charles Darwin. Voyaging. A biography*, Nueva York, Alfred A. Knopf, 1995.
—, *Charles Darwin. The power of place. A biography*, vol. II, Nueva York, Alfred A. Knopf, 2002.
Desmond, A. y J. Moore, *Darwin. The life of a tormented evolutionist*, Nueva York, W. W. Norton, 1991.
Ghiselin, M. T., *The triumph of the Darwinian method*, Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1969 [trad. esp.: *El triunfo de Darwin*, trad. de E. Pérez Sedeño, Madrid, Cátedra, 1983].
Gruber, H. E., *Darwin on man. A psychological study of scientific creativity*, Chicago, University of Chicago Press, 1974, 1981 [trad. esp.: *Darwin sobre el hombre: un estudio psicológico de la creatividad*, trad. de T. del Amo, Madrid, Alianza Editorial, 1984].
Hull, D. L., *Darwin and his critics: The reception of Darwin's theory of evolution by the scientific community*, Chicago y Londres, University of Chicago Press, 1973.
Keynes, Randal, *Annie's box. Charles Darwin, his daughter, and human evolution*, Londres, Fourth Estate, 2001. En los Estados Unidos se publicó en 2002 con el título *Darwin, his daughter and human evolution*, Nueva York, Riverhead Trade [trad. esp.: *La caja de Annie: Charles Darwin, su hija y la evolución humana*, trad. de V. Laporta Gonzalo, Barcelona, Debate, 2003].
Keynes, Richard, *Fossils, finches and Fuegians. Charles Darwin's adventures and discoveries on the* Beagle, *1832-1836*, Londres, HarperCollins, 2002.
Kohn, D., "Theories to work by: Rejected theories, reproduction and Darwin's path to natural selection", en *Studies in the History of Biology*, vol. 4, 1980, pp. 67-170.
Sulloway, F. J., "Geographic isolation in Darwin's thinking: The vicissitudes of a crucial idea", en *Studies in the History of Biology*, vol. 3, 1979, pp. 23-65.

OTROS LIBROS Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS E HISTÓRICOS

Brosius, J., "Disparity, causation, adaptation, exaptation, and contingency at the genome level", en *Paleobiology*, vol. 31, Nº 2, suplemento, 2005, pp. 1-16.
Chambers, R., *Vestiges of the natural history of creation*, Edimburgo, 1844.
Cuvier, G., *Discours sur les révolutions de la surface du globe*, París, 1812.
Dobzhansky, T., *Genetics and the origin of species*, Nueva York, Columbia University Press, 1937 [trad. esp.: *Genética y el origen de las especies*, trad. de F. Cordón Bonet, Barcelona, Círculo de Lectores, 1997].

Eldredge, N., "The allopatric model and phylogeny in Paleozoic invertebrates", en *Evolution*, vol. 25, 1971, pp. 156-167.
—, *The pattern of evolution*, Nueva York, W. H. Freeman, 1999.
—, *The triumph of evolution and the failure of creationism*, Nueva York, W. H. Freeman, 2000.
Eldredge, N. y S. J. Gould, "Punctuated equilibria: An alternative to phyletic gradualism", en T. J. M. Schopf (ed.), *Models in paleobiology*, San Francisco, Freeman Cooper & Co. 1972.
Eldredge, N. *et al.*, "The dynamics of evolutionary stasis", en *Paleobiology*, vol. 31, Nº 2, suplemento, 2005, pp. 133-145.
Gould, S. J., "Is uniformitarianism necessary?", en *American Journal of Science*, vol. 263, 1965, pp. 223-228.
Grant, P. R. y B. R. Grant, "Adaptive radiation of Darwin's finches", en *American Scientist*, vol. 90, 2002, pp. 131-139.
—, "What Darwin's finches can teach us about the evolutionary origin and regulation of biodiversity", en *Bioscience*, vol. 53, 2003, pp. 965-975.
Gregory, T. R., "Macroevolution, hierarchy theory, and the c-value enigma", en *Paleobiology*, vol. 30, 2004, pp. 179-202.
Herschel, J. F. W., *A preliminary discourse on the study of natural philosophy*, Londres, 1830.
Lyell, C., *Principles of geology*, 3 vols., Londres, John Murray, 1830-1833.
—, *The geological evidences of the antiquity of man, with remarks on the theories of the origin of species by variation*, Londres, John Murray, 1863.
Malthus, T. R., *An essay on the principle of population, as it affects the future improvement of society*, Londres, J. Johnson, 1798 [Darwin leyó la 6ª edición, de 1826].
Maresca, B. y J. Schwartz, "Environmental change and stress protein concentration as a source of morphological novelty: Sudden origins. A general theory on a mechanism of evolution", enviado a *Evolution and Development*¸ s/f.
Mayr, E., *Systematics and the origin of species*, Nueva York, Columbia University Press, 1942.
Mendel, G. J., "Versuche über Pflanzen-hybriden", en *Verhandlungen des Naturforschenden Vereins Brünn*, vol. 4, 1866, pp. 3-57.
Paley, W., *Natural theology: Or, evidences of the existence and attributes of the deity, collected from the appearances of nature*, Londres, R. Fauldner, 1802.
Rowe, A. W., "An analysis of the genus *Micraster*, as determined by rigid zonal collecting from the zone of *Rhynchonella cuvieri* to that of *Micraster cor-anginum*", en *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, vol. 55, 1899, pp. 494-547.
Simpson, G. G., *Tempo and mode in evolution*, Nueva York, Columbia University Press, 1944.
Tattersall, I., *Becoming human: Evolution and human uniqueness*, Nueva York, Harcourt, 1998 [trad. esp.: *Hacia el ser humano: la singularidad del hombre y la evolución*, trad. de J. Solé, Barcelona, Península, 1998].
Vrba, E. S., "Mass turnovers and heterochrony events in response to physical change", en *Paleobiology*, vol. 31, Nº 2, suplemento, 2005, pp. 157-174.
Whewell, W., *History of the inductive sciences*, Londres, Parker, 1837.

Índice de ilustraciones

Índice temático*

* Los números de páginas en cursiva remiten a las ilustraciones.

Este libro se terminó de imprimir
en diciembre de 2008 en Romanyà Valls S.A.
08786 Capellades.

